



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Træk- og trykprøvning af materiale fra sirener

Hansen, Lars Pilegaard

*Publication date:*  
1997

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Hansen, L. P. (1997). *Træk- og trykprøvning af materiale fra sirener*. Department of Mechanical Engineering, Aalborg University. R / Institut for Bygningsteknik Nr. R9702

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

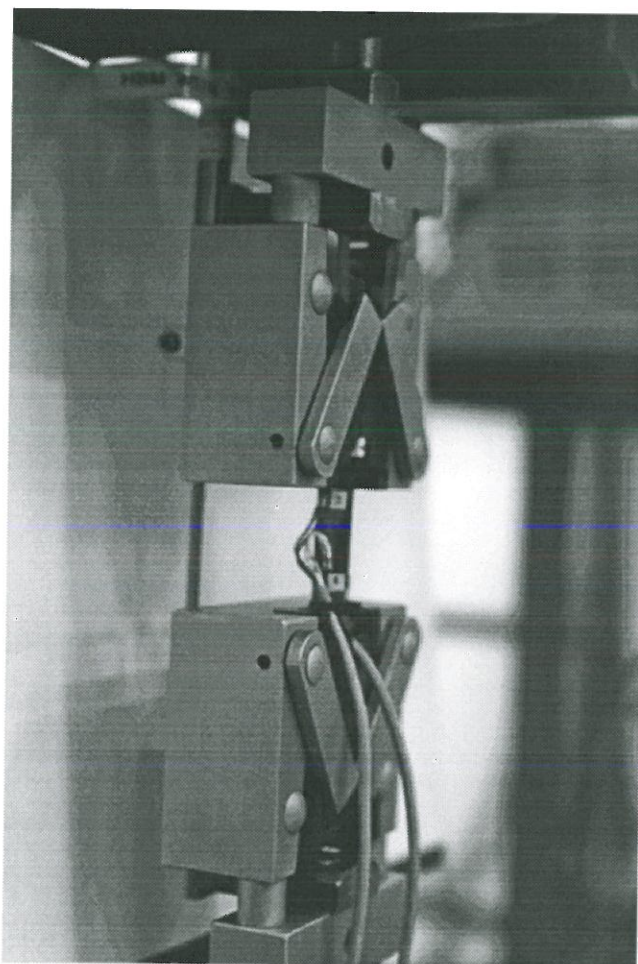
If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

---

# INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK

DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING  
AALBORG UNIVERSITET • AAU • AALBORG • DANMARK

---



---

LARS PILEGAARD HANSEN

TRÆK- OG TRYKPRØVNING AF MATERIALE FRA SIRENER UDFØRT  
FOR SEMCO A/S, BRØNDBY  
FEBRUAR 1997

ISSN 1395-7953 R9702

---

## INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Prøvelegemer og forsøgsarrangement .....	1
2.	Udførte målinger .....	5
3.	Forsøgsresultater .....	8
4.	Sammenfatning af resultater .....	9
Appendix'er	Appendix A .....	10
	Appendix B .....	13
	Appendix C .....	16
	Appendix D .....	19
	Appendix E .....	21
	Appendix F .....	23
	Appendix G .....	25
	Appendix H .....	27
	Appendix I .....	29
	Appendix J .....	30
	Appendix K .....	33
	Appendix L .....	36
	Appendix M .....	39
	Appendix N .....	41

## TRÆK - OG TRYKPRØVNING AF MATERIALE FRA SIRENE

I februar 1997 har Laboratoriet for Bærende Konstruktioner, Institutet for Bygningsteknik, Aalborg Universitet udført træk- og trykforsøg på materialeprøver udtaget fra en udleveret havareret sirene.

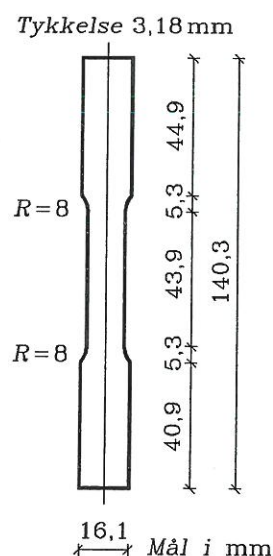
Sirenen blev leveret af firma SIGMA DELTA A/S, Hjørring og de undersøgte prøvelegemers geometri m.v. er nærmere beskrevet i kapitel 1.

Forsøgene er udført for firma SEMCO A/S, Brøndby.

I kapitel 1 beskrives prøvelegemerne og forsøgsarrangementet og i kapitel 2 de udførte målinger. I kapitel 3 gives en oversigt over forsøgsresultaterne byggede på kurver angivet i appendix'erne A til N, hvortil der henvises. Sluttelig er i kapitel 4 anført en sammenfatning af de opnåede resultater.

### 1. Prøvelegemer og forsøgsarrangement

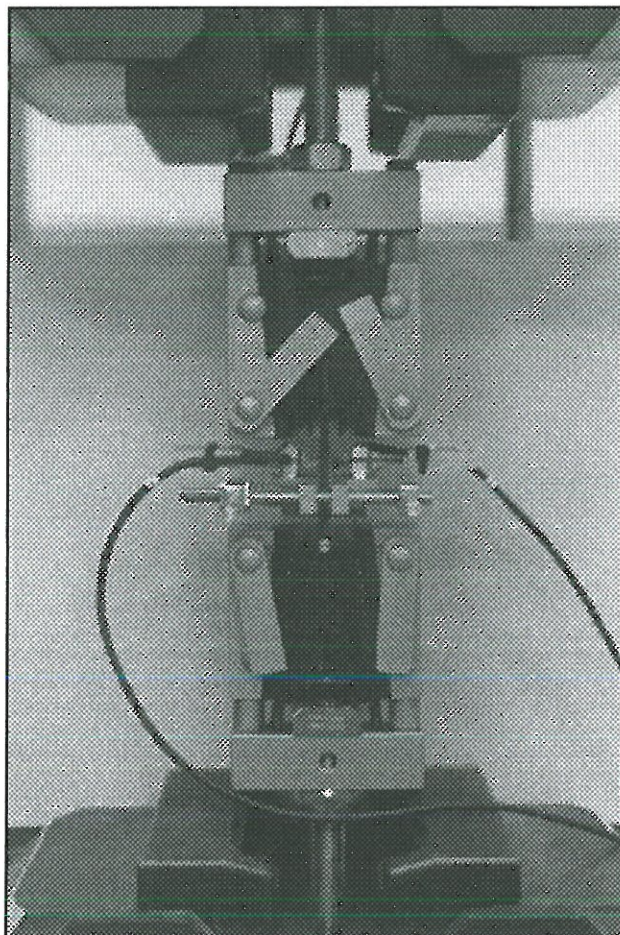
Det var meget vanskeligt ud fra den leverede delvist ødelagte sirene at udtage prøvelegemer, som egnede sig til træk- og trykprøvning. Sirenen består langt overvejende af krumme overflader, som ikke egner sig til prøvelegemer. Det lykkedes dog at få udformet 4 trækprøver, i det følgende benævnt prøve 1 - 2 - 3 - 4, udtaget fra "en slags afstivninger" på sirenen. Prøvernes geometri fremgår af figur 1.1.



Figur 1.1 Geometri for trækprøver 1 - 2 - 3 - 4



Prøverne blev fastgjort i specielle gribeanordninger (kæber) beregnet for små kraftpåvirkninger og disse blev igen fastgjort til de almindelige kæber i laboratoriets standard 600 kN træk- og trykprøvemaskine af fabrikat Mohr og Federhaff. Denne universalprøvemaskine kan operere inden for visse standardområder, f.eks. 0 til 12 kN, som er det område, hvor trækforsøgene er kørt ved. En trækprøve indsat i de 2 hold kæber er vist i figur 2.1.



**Figur 1.2** Trækprøve 3 forsynet med 2 stk. HBM, DD1, i prøvemaskine

Der må med de anvendte kæber forventes en vis glidning mellem prøvelegeme og kæber.

Trækkraften, som prøven udsættes for måles ved hjælp af den i prøvemaskinen indbyggede krafttransducer og til måling af afstanden mellem trækprøvemaskinens kæber er installeret en induktiv flytningsmåler af fabrikat HBM, W5TK. Flytningsmåleren kan ikke ses på figur 1.2.

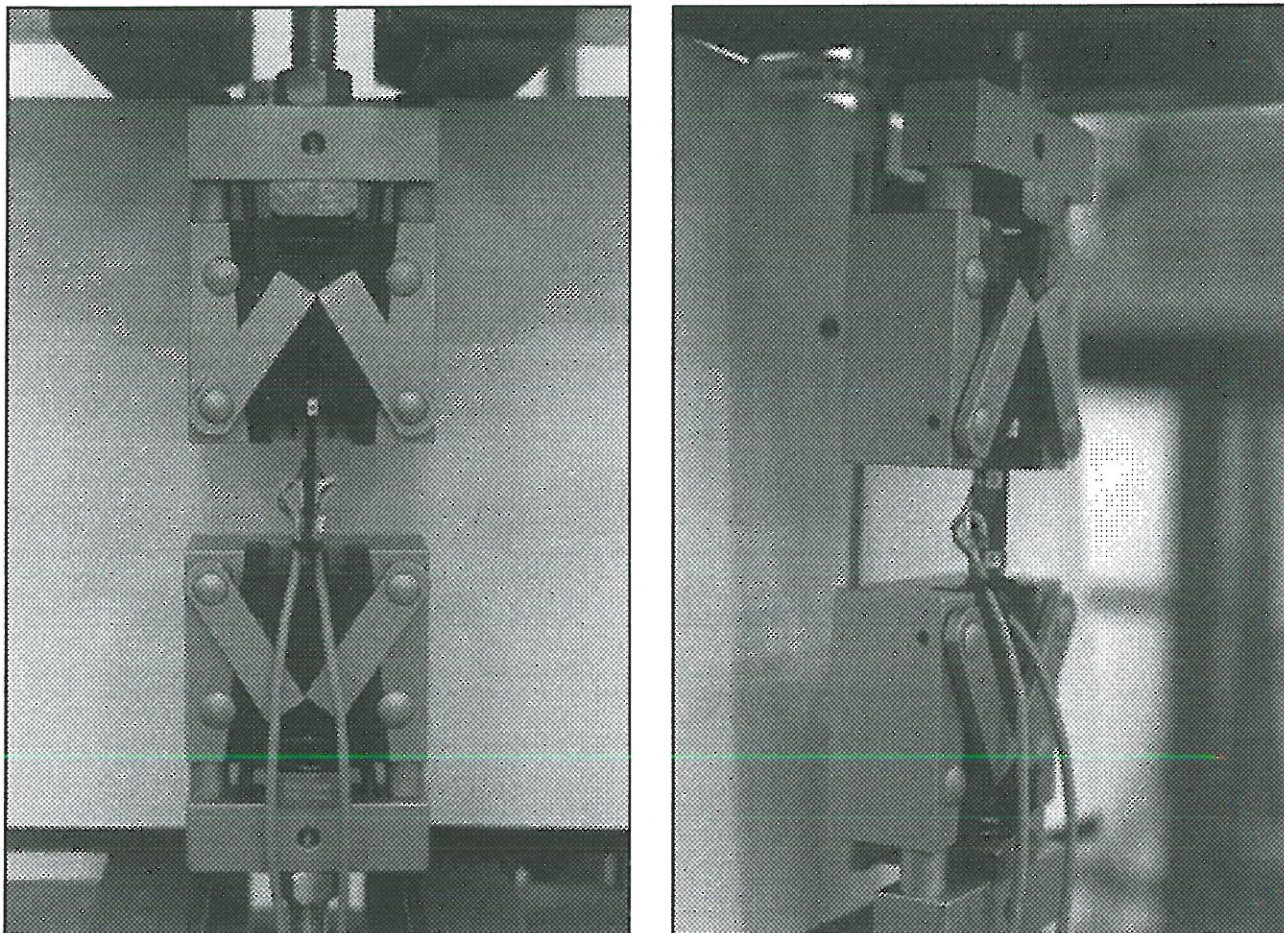
For trækprøve 3 blev der inden trækforsøget monteret 2 stk. HBM, DD1 tøjningsmålere, som over en målelængde på 25 mm måler flytningsændringer, hvorefter disse omregnes til tøjninger. Der kan ikke udføres trækbrudforsøg med DD1'ere monteret på prøven, hvorfor der ved brudforsøget kun blev benyttet kraftmålingen samt flytningsmålingen fra HBM, W5TK.

For de øvrige 3 trækprøver, 1 - 2 - 4, blev der istedet for tøjningsmålingen udført med DD1'ere benyttet straingage af typen HBM, 3/120 LY11, som har en målelængde på 3 mm. Disse straingage er temperaturkompenseret til stål, men da forsøgene er udført under konstant temperatur under laborato-



rieforhold spiller dette ingen rolle. På hver af prøvernes brede sider er det monteret 1 langsgående straingage og 1 tværgående straingage, således at der kan kompenseres for eventuelle excentriciteter ved kraftpåførslen.

Et par fotos af et prøvelegeme med monterede straingages er vist i figur 1.3.



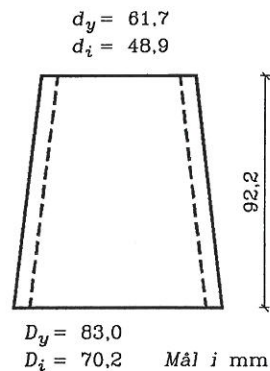
**Figur 1.3** Trækprøve forsynet med straingages i prøvemaskine

Med denne montering af straingages er det muligt at bestemme elasticitetskoefficienten (E-modul) og Poisson's forhold  $\nu$ . Dette er foretaget inden for det lineært-elastiske område for materialet svarende til længdetøjninger på af størrelsesorden  $3000 \cdot 10^{-6}$  (eller 3‰). Straingagene viste sig at kunne måle tøjninger op til af størrelsesorden  $7000 \cdot 10^{-6}$  (eller 7‰). Da der ved brud kan optræde større tøjninger end denne værdi, var det ikke muligt at måle med straingagene helt til brud.

Med hensyn til udtagning af trykprøver var der ikke mange muligheder. Det var ikke muligt at udtage cylindriske prøver af sædvanlige dimensioner og den eneste mulighed var at udtage et kegleformet prøvelegeme fra den centrale del af sirenen.

Dette prøvelegeme er vist i figur 1.4.



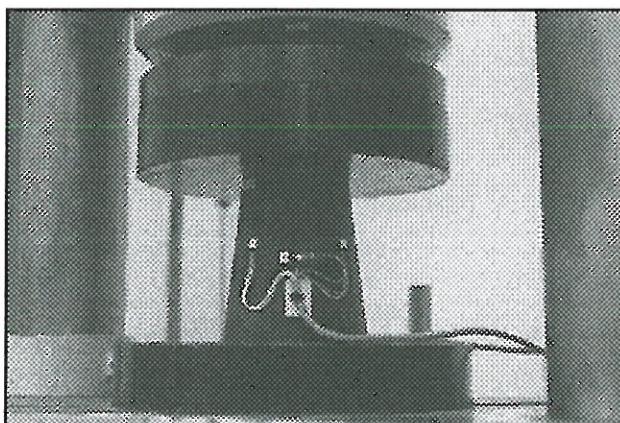


**Figur 1.4**      **Kegleformet prøvelegeme til trykprøvning**

Dette prøvelegeme blev på ydersiden forsynet med 4 langsgående straingages, der var forskudt  $90^\circ$  for hinanden, samt 2 vandrette straingages placeret diametralt modsat hinanden. Straingagene var placeret midt mellem prøvelegemets endeflader. Det var ønskeligt også at have straingages placeret på prøvelegemets inderside, men det er kun muligt ved samtidigt at lave huller til den nødvendige ledningsføring, og dette er ikke ønskeligt. Straingagene var af samme type som beskrevet for trækprøverne.

Der blev ikke udført brudforsøg med dette prøvelegeme.

Prøvelegemet placeret i Mohr- Federhaff universalprøvemaskinen er vist i figur 1.5.

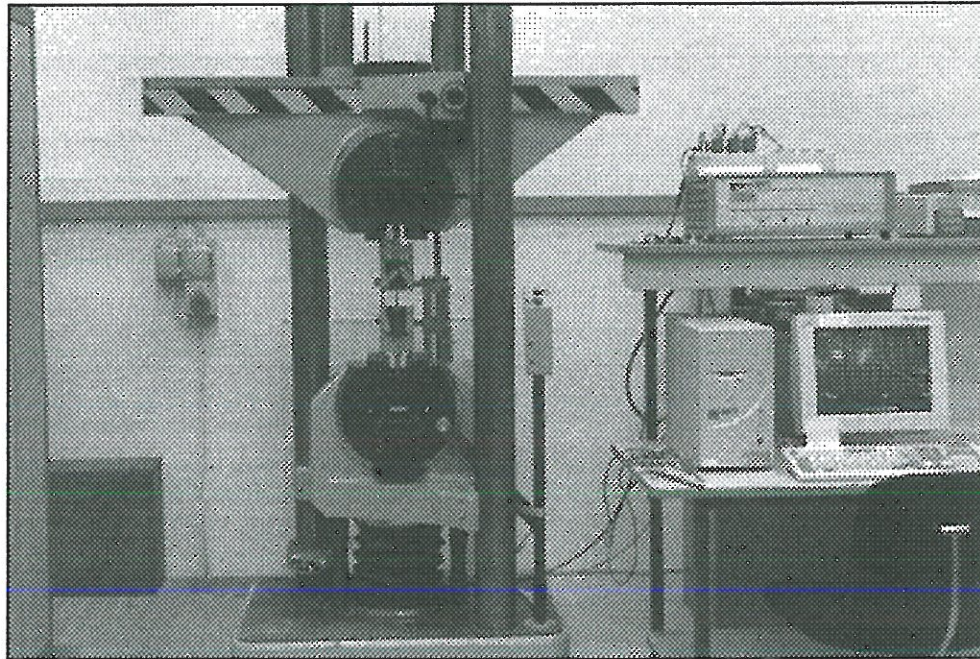


**Figur 1.5**      **Trykprøve i Mohr- Federhaff universalprøvemaskine**

Til dataopsamling blev benyttet et dataopsamlingssystem af fabrikat HBM, type DMC9012A, som bl.a. er karakteriseret ved at foretage dataopsamlingen på de forskellige kanaler simultant, således at der ikke er nogen tidsforskydning mellem de opsamlede data. Dataopsamlingssystemet er med et IEEE488 interface forbundet til en PC'er. Til dataopsamlingen blev programmet dmcbe benyttet. Samplingsfrekvensen var 2 Hz.

Bearbejdningen af data blev foretaget ved anvendelse af programpakken MATLAB, idet der blev udarbejdet såkaldte m-filer, som udfra de opsamlede data bearbejdede disse og optegnede de i denne rapport viste kurver.

Mohr- Federhaff universalprøvemaskinen med en trækprøve indsat, dataopsamlingssystem og PC' er er vist på figur 1.6.



**Figur 1.6**      **Forsøgsarrangement**

## **2.      Udførte målinger**

Der blev udført følgende målinger:

### ***Trækprøve 1***

Denne prøve var forsynet med 2 langsgående og 2 tværgående straingages.

### ***Forsøg 1***

Først blev prøven belastet op til en spænding på ca. 25 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix A. Til eksempel er i figur A.1 vist 3 kurver, nemlig målingerne fra de 2 langsgående straingages og deres middelværdi, som er den midterste kurve. Dette gælder generelt for alle de i appendix'erne viste kurver.



### *Forsøg 2*

Herefter blev prøven igen belastet op til en spænding på ca. 25 MPa, derefter aflastning til nul og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger blev bestemt. Resultaterne er anført i appendix B.

### *Forsøg 3*

Herefter blev prøven belastet op til brud og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. De langsgående strainages kunne maksimalt måle tøjninger på godt 7‰ og kunne således ikke måle hele brudforløbet. De tværgående strainages registrerede derimod hele forløbet. Resultaterne er anført i appendix C.

## ***Trækprøve 2***

Denne prøve var forsynet med 2 langsgående og 2 tværgående strainages. Ved forsøgene med denne trækprøve var flytningsmåleren ikke tilsluttet.

### *Forsøg 1*

Først blev prøven belastet op til en spænding på ca. 25 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix D.

### *Forsøg 2*

Herefter blev prøven igen belastet op til en spænding på ca. 25 MPa, og sammenhørende værdier mellem kraft og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix E.

### *Forsøg 3*

Herefter blev prøven belastet op til brud og sammenhørende værdier mellem kraft og tøjninger bestemt. De langsgående strainages kunne maksimalt måle tøjninger på godt 7‰ og kunne således ikke måle hele brudforløbet. De tværgående strainages registrerede derimod hele forløbet. Resultaterne er anført i appendix F.

## ***Trækprøve 3***

Denne prøve var forsynet med 2 stk. DD1 tøjningsmålere og derfor er kun kraft, flytning og langsgående tøjninger registreret.

### *Forsøg 1*

Først blev prøven belastet op til en spænding på ca. 27 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix G.

### *Forsøg 2*

Herefter blev prøven igen belastet op til en spænding på ca. 27 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix H.

### *Forsøg 3*

Herefter blev prøven belastet op til brud og sammenhørende værdier mellem kraft og flytning bestemt. Resultatet er anført i appendix I.



### ***Trækprøve 4***

Denne prøve var forsynet med 2 langsgående og 2 tværgående straingages.

#### ***Forsøg 1***

Først blev prøven belastet op til en spænding på ca. 25 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix J.

#### ***Forsøg 2***

Herefter blev prøven igen belastet op til en spænding på ca. 25 MPa, derefter aflastning til nul og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix K.

#### ***Forsøg 3***

Herefter blev prøven belastet op til brud og sammenhørende værdier mellem kraft, flytning og tøjninger bestemt. De langsgående straingages kunne maksimalt måle tøjninger på godt 7‰ og kunne således ikke måle hele brudforløbet. De tværgående straingages registrerede derimod hele forløbet. Resultaterne er anført i appendix L

### ***Trykprøve 1***

Prøven var forsynet med 4 langsgående og 2 tværgående straingages.

#### ***Forsøg 1***

Først blev prøven belastet op til en spænding på ca. 10 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix M.

#### ***Forsøg 2***

Herefter blev prøven igen belastet op til en spænding på ca. 10 MPa og sammenhørende værdier mellem kraft og tøjninger bestemt. Resultaterne er anført i appendix N.

### 3. Forsøgsresultater

I tabel 3.1 er anført resultaterne fra trækforsøgene.

Prøve nr.	Forsøg nr.	E-modul [MPa]	$\nu$	Brudværdi [MPa]
1	1	$8,12 \cdot 10^3$	0,408	
1	2	$8,03 \cdot 10^3$	0,413	
1	3	$7,99 \cdot 10^3$	0,420	83,3
2	1	$7,33 \cdot 10^3$	0,427	
2	2	$7,29 \cdot 10^3$	0,425	
2	3	$7,29 \cdot 10^3$	0,431	73,8
3	1	$8,03 \cdot 10^3$		
3	2	$8,03 \cdot 10^3$		
3	3			86,1
4	1	$8,01 \cdot 10^3$	0,427	
4	2	$7,87 \cdot 10^3$	0,420	
4	3	$7,89 \cdot 10^3$	0,427	85,8

**Tabel 3.1**      **Oversigt over E-modul, Poisson's forhold  $\nu$  og trækbrudstyrke for trækprøvning**

I tabel 3.2 er tilsvarende vist forsøgsresultaterne for trykprøvningen.

Prøve nr.	Forsøg nr.	E-modul [MPa]	$\nu$
1	1	$3,44 \cdot 10^3$	0,359
1	2	$3,41 \cdot 10^3$	0,349

**Tabel 3.2**      **Oversigt over E-modul og Poisson's forhold for trykprøvning**

#### 4. Sammenfatning af resultater

Af tabel 3.1 bestemmes middelværdien for E-modul for træk, Poisson's forhold for træk og trækbrudstyrken. Middelværdien for disse 3 størrelser kan bestemmes til:

$$E = 7,81 \cdot 10^3 \text{ MPa (træk)}$$

$$\nu = 0,422 \text{ (træk)}$$

$$\sigma_{\text{brud}} = 82,3 \text{ MPa (træk)}$$

Af tabel 3.2 kan tilsvarende bestemmes

$$E = 3,42 \cdot 10^3 \text{ MPa (tryk)}$$

$$\nu = 0,354 \text{ (tryk)}$$

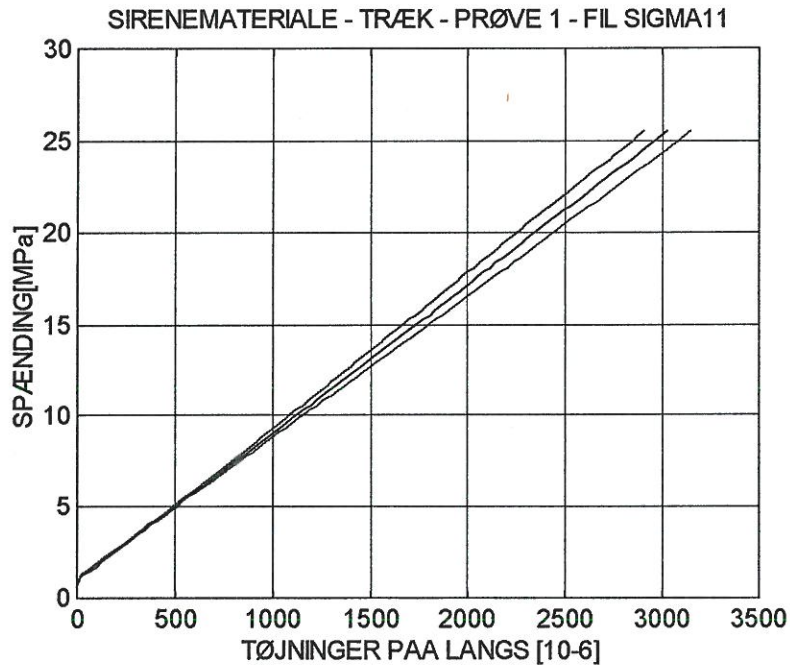
Det ses, at der er bestemt en betydelig forskel på E-værdierne for træk og tryk. Forsøgsmaterialet for trykprøvningen er dog meget spinkelt, da kun et prøvelegeme er benyttet.

Af kurverne i appendix'erne ses, at trækarbejdslinien er tilnærmet retliniet op til en spænding på ca. 35 MPa svarende til ca. 40% af trækbrudspændingen.

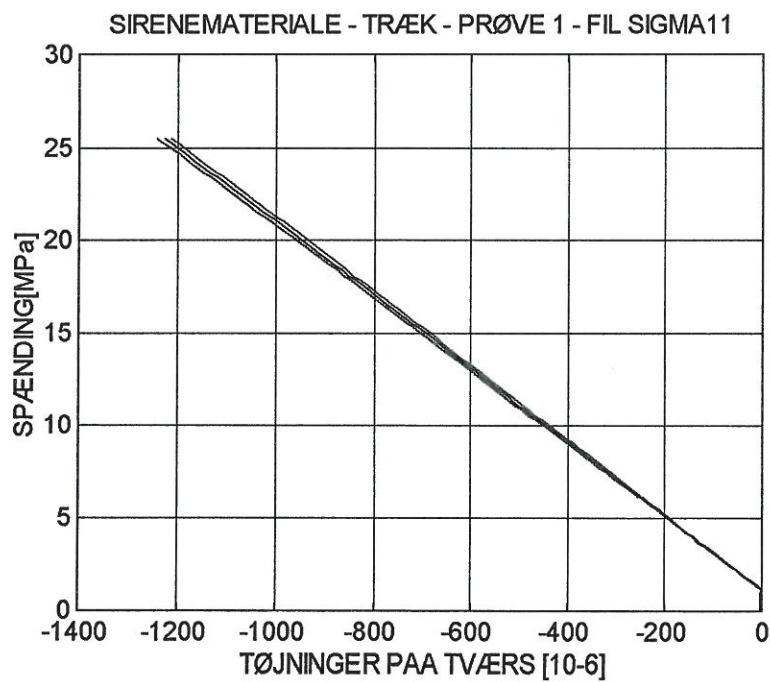
Inden for det benyttede område af trykprøvningen - op til en trykspænding på ca. 10 MPa - udviste materialet lineær-elastiske forhold.

## APPENDIX A - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 1

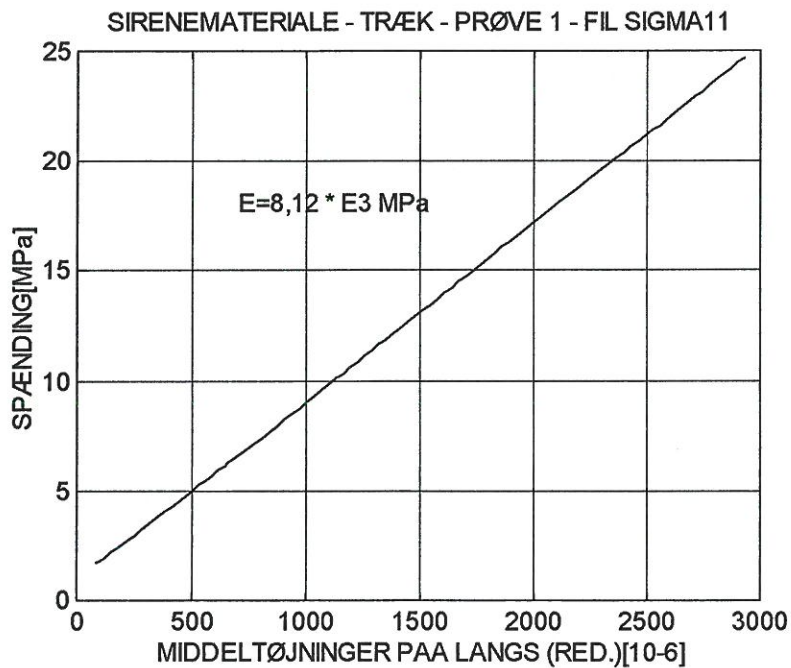
## FORSØG 1



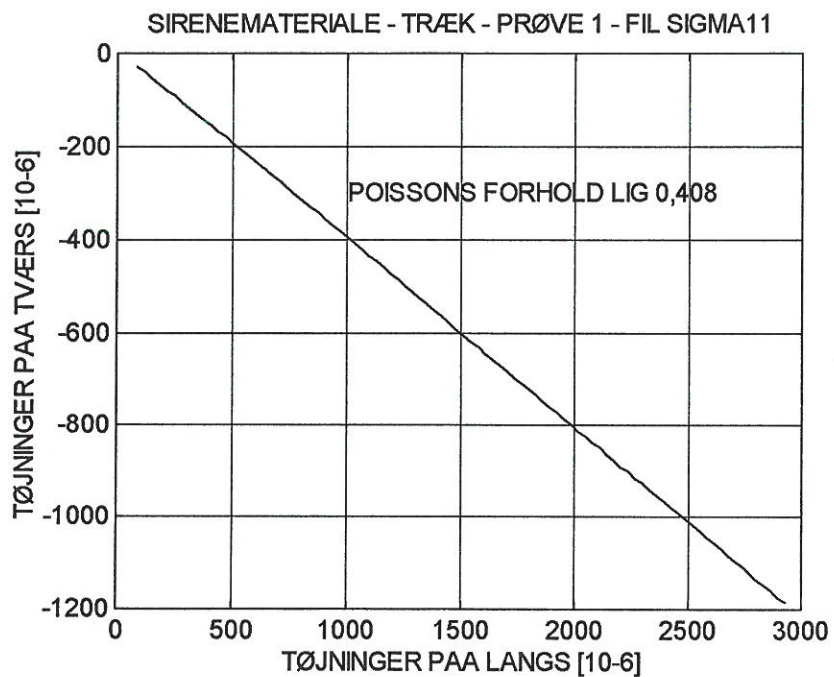
Figur A.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur A.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs

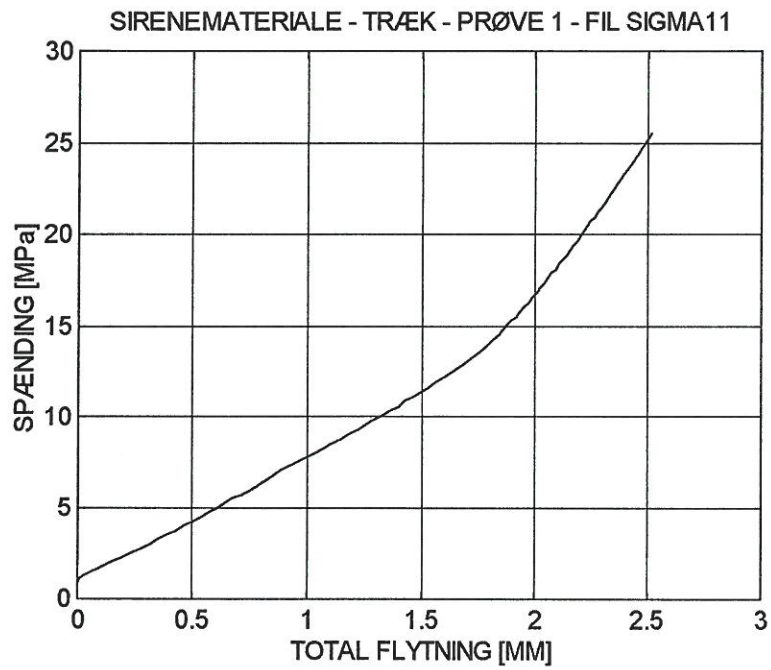


Figur A.3 Bestemmelse af E-modul



Figur A.4 Bestemmelse af Poisson's forhold

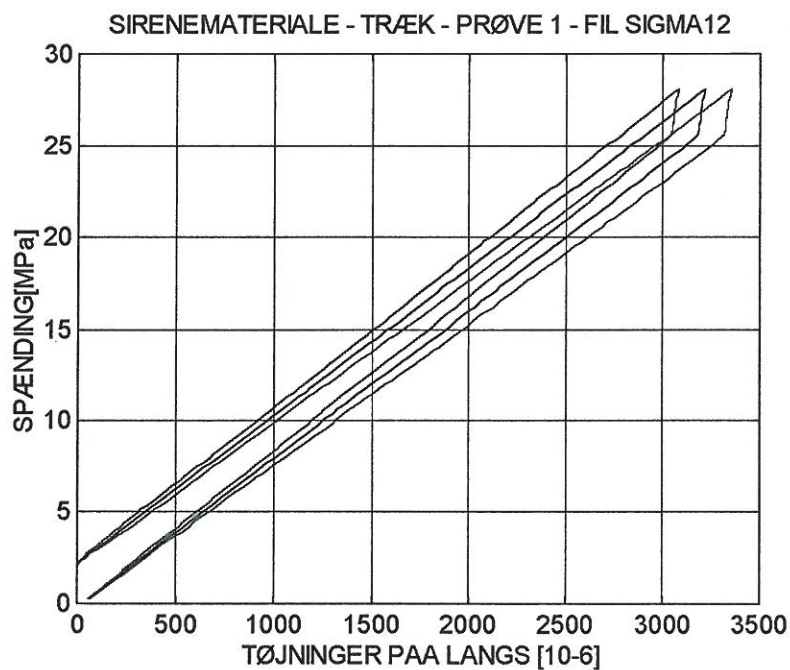




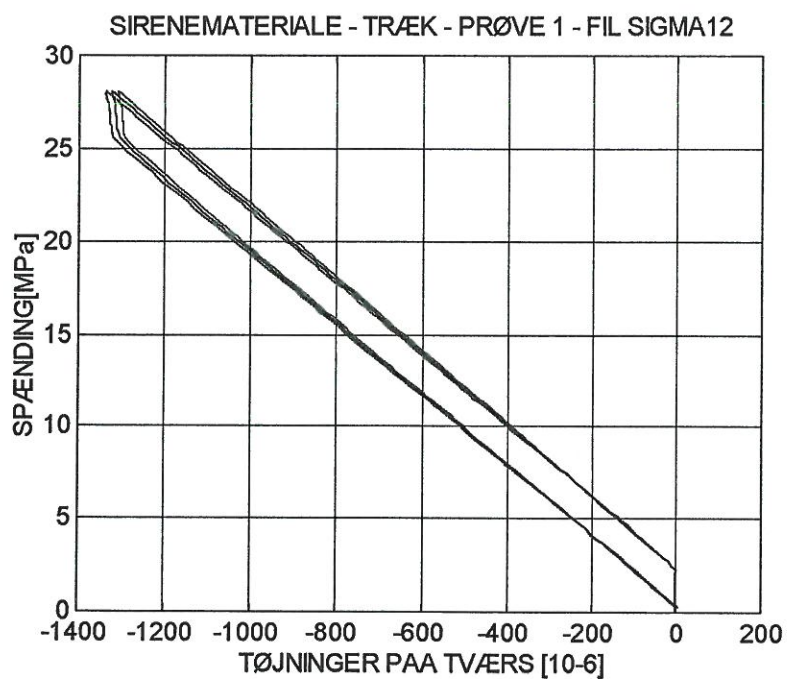
**Figur A.5**      **Spænding som funktion af total flytning**

## APPENDIX B - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 1

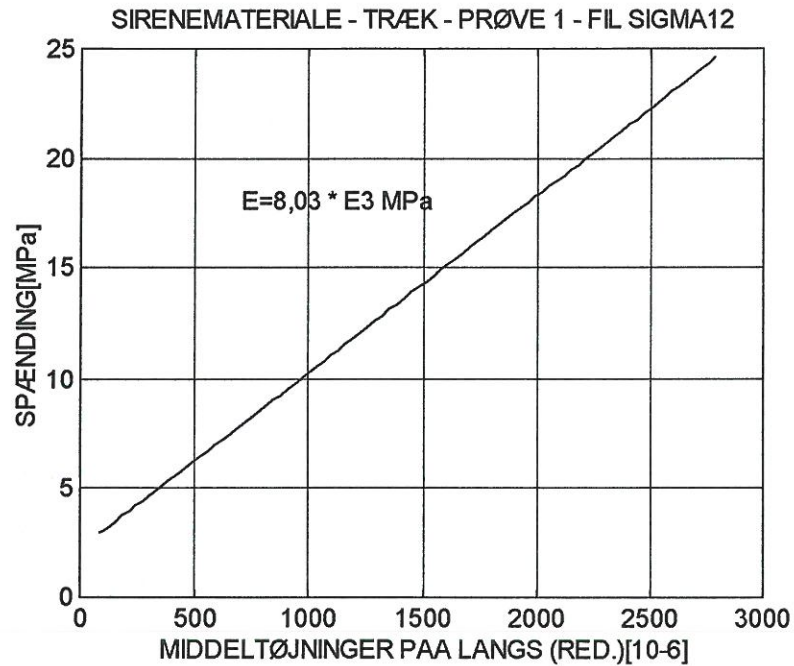
## FORSØG 2



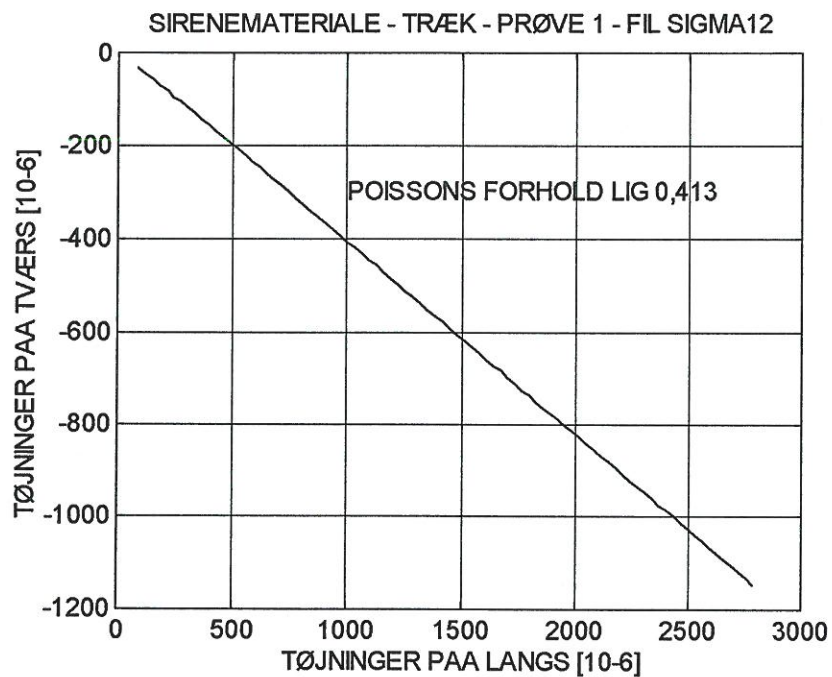
Figur B.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



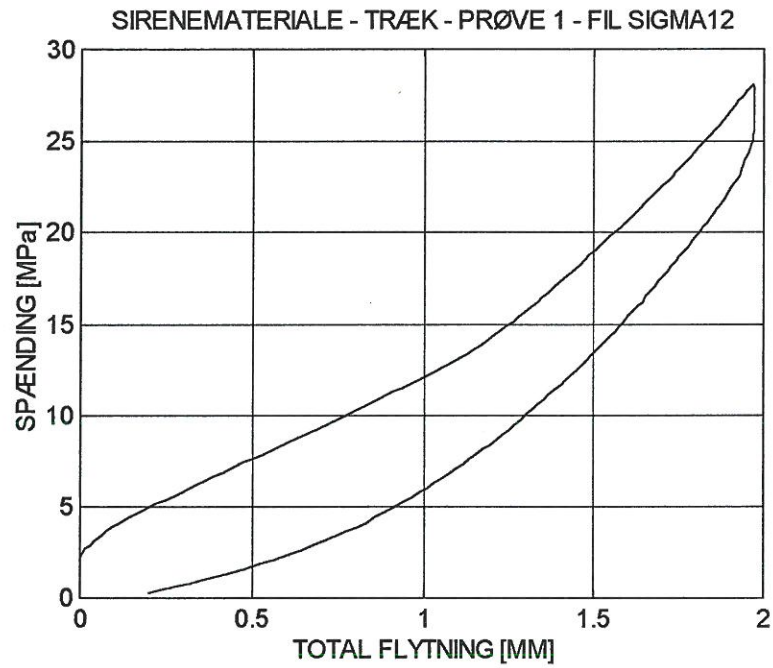
Figur B.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



Figur B.3 Bestemmelse af E-modul



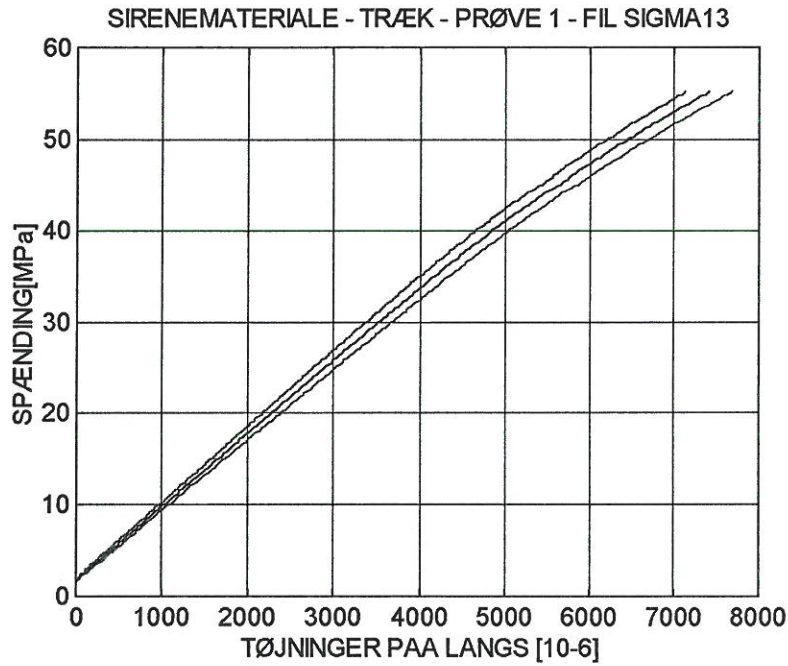
Figur B.4 Bestemmelse af Poisson's forhold



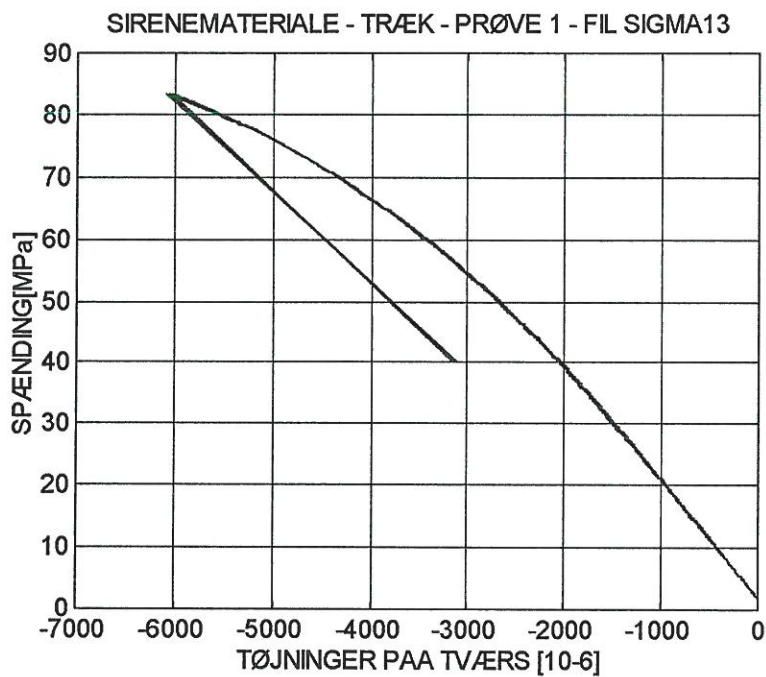
**Figur B.5**      **Spænding som funktion af total flytning**

## APPENDIX C - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 1

## FORSØG 3

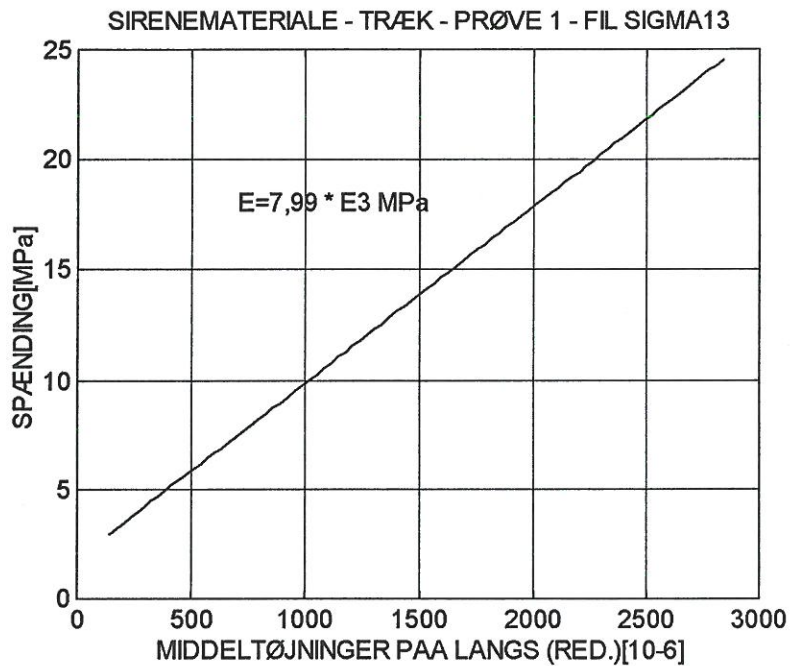


Figur C.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs

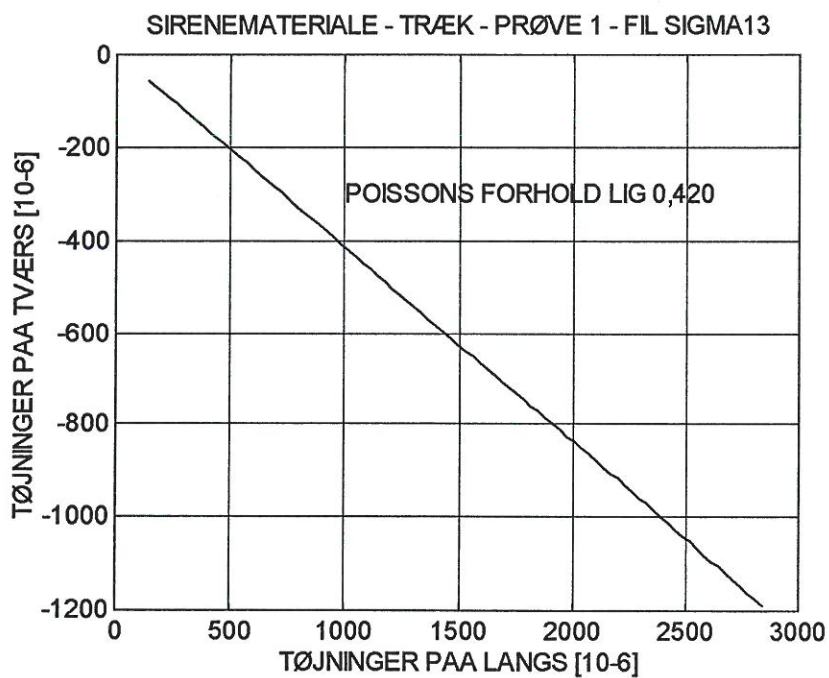


Figur C.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs

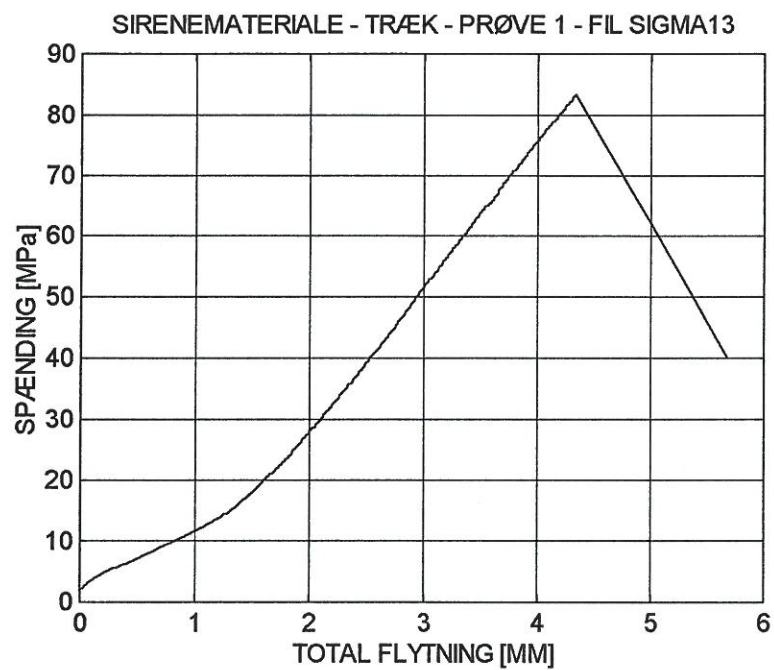




Figur C.3 Bestemmelse af E-modul



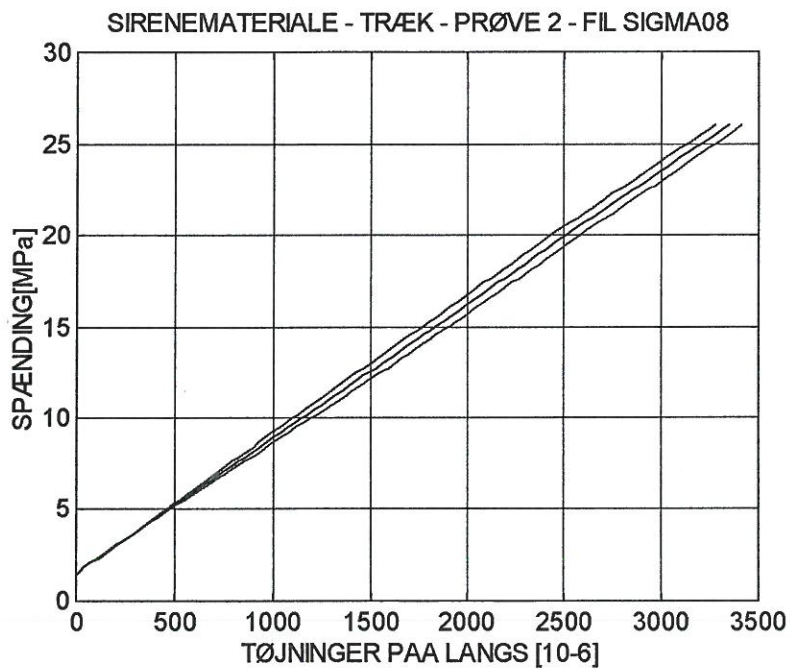
Figur C.4 Bestemmelse af Poisson's forhold



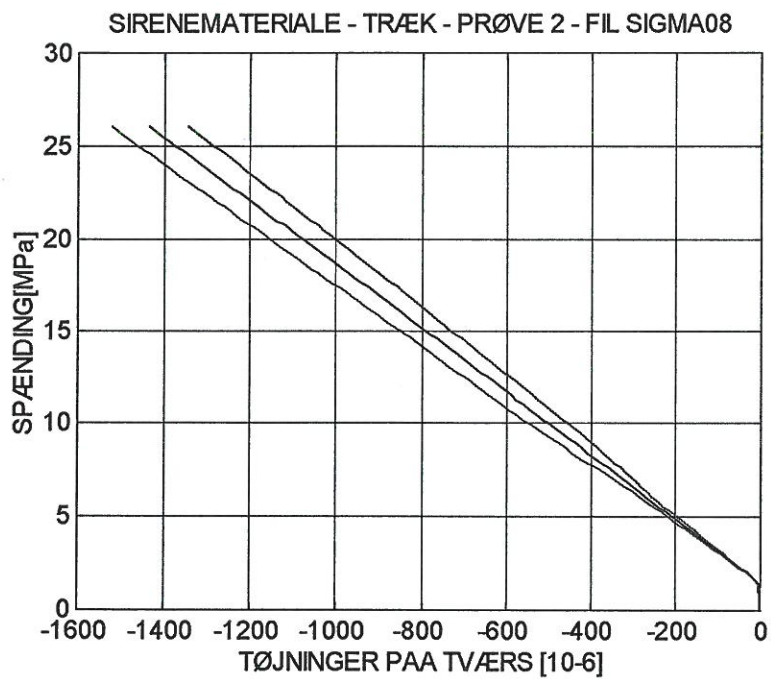
**Figur C.5** Spænding som funktion af total flytning. Trækbrudstyrke.

## APPENDIX D - TRÆKFORSØG MED PRØVELEGEME 2

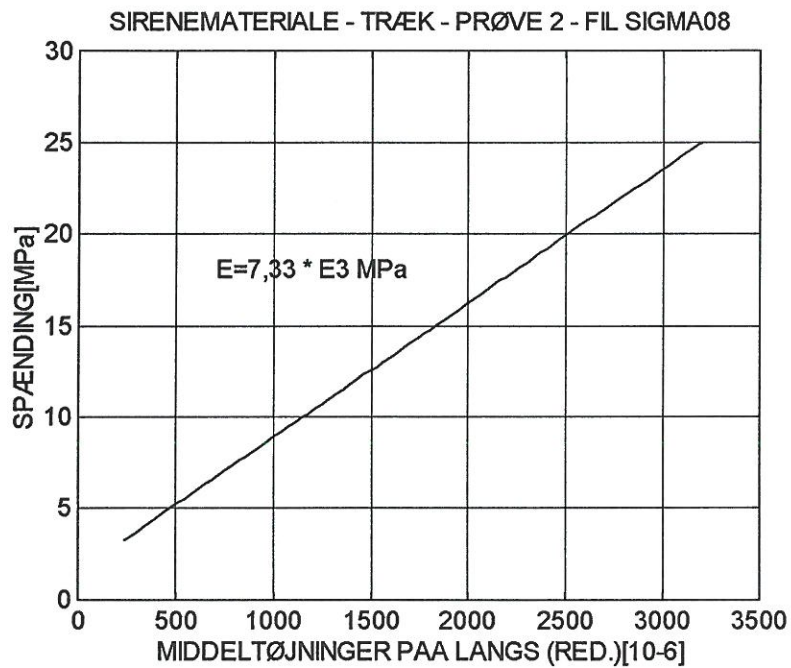
## FORSØG 1



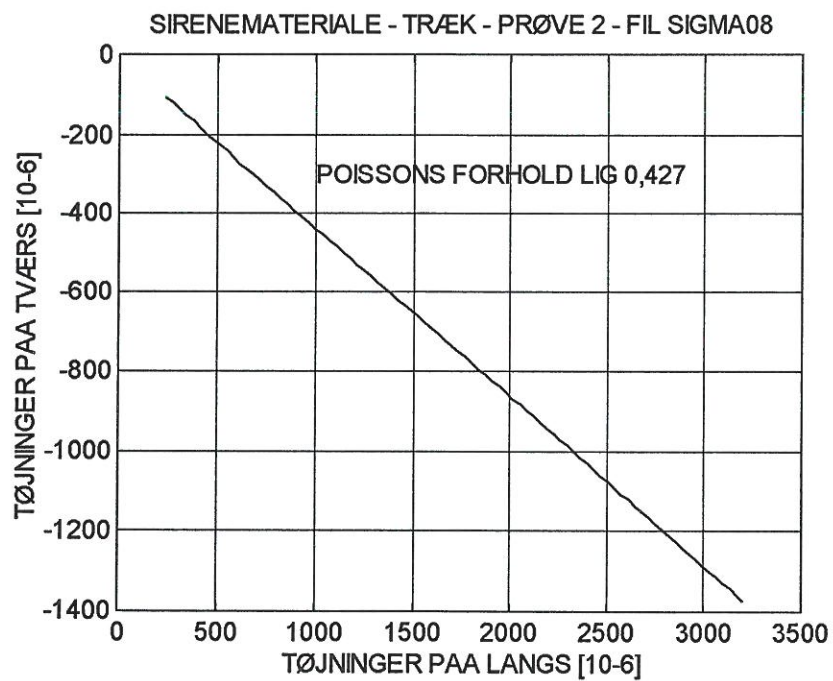
Figur D.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur D.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



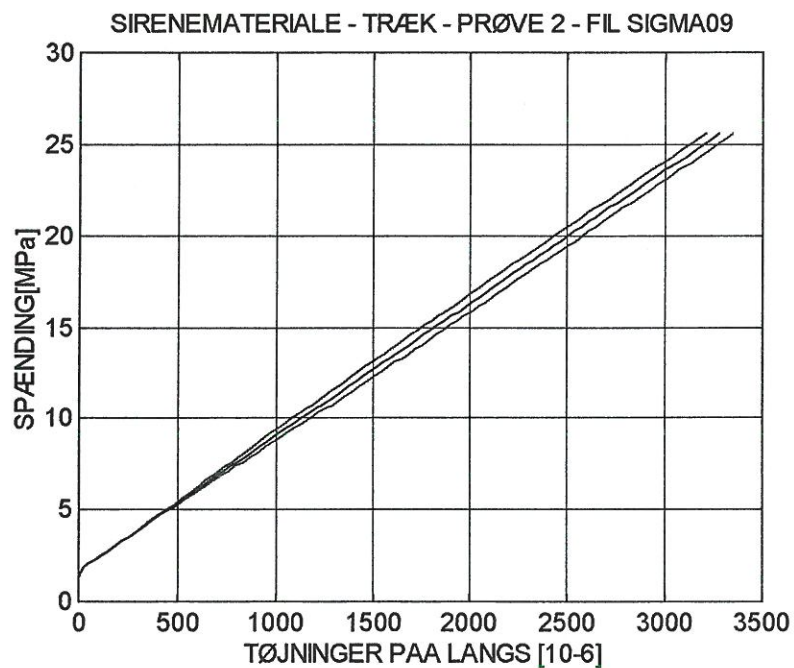
Figur D.3 Bestemmelse af E-modul



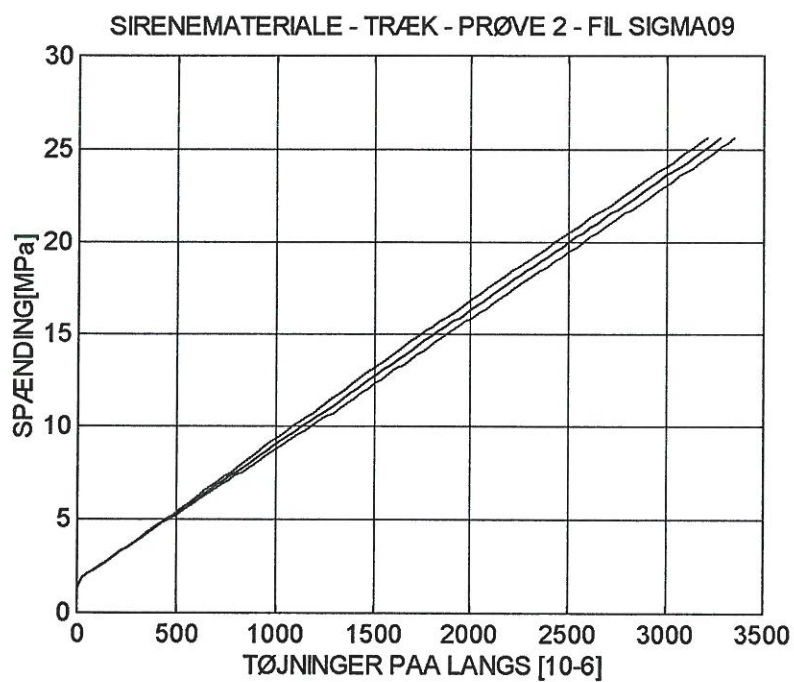
Figur D.4 Bestemmelse af Poisson's forhold

## APPENDIX E - TRÆKFORSØG MED PRØVELEGEME 2

## FORSØG 2

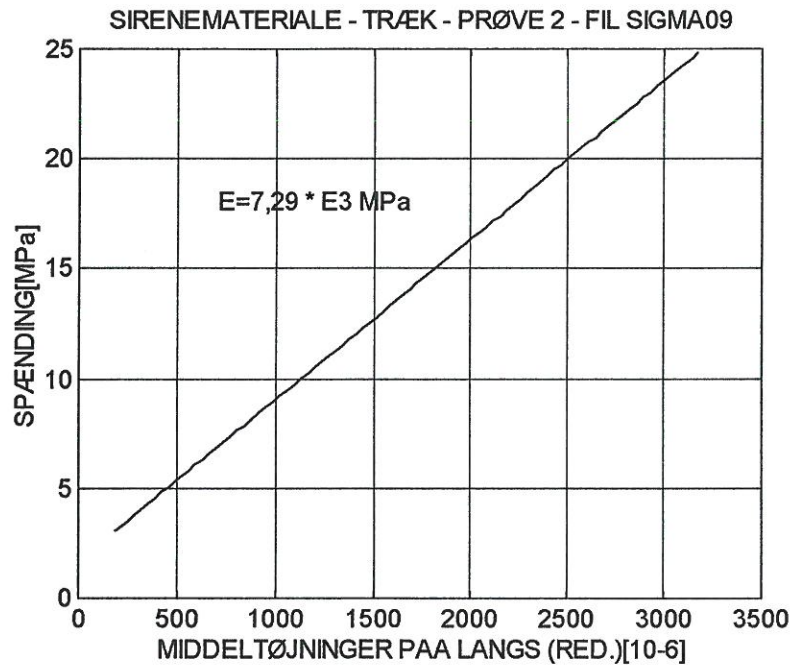


Figur E.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs

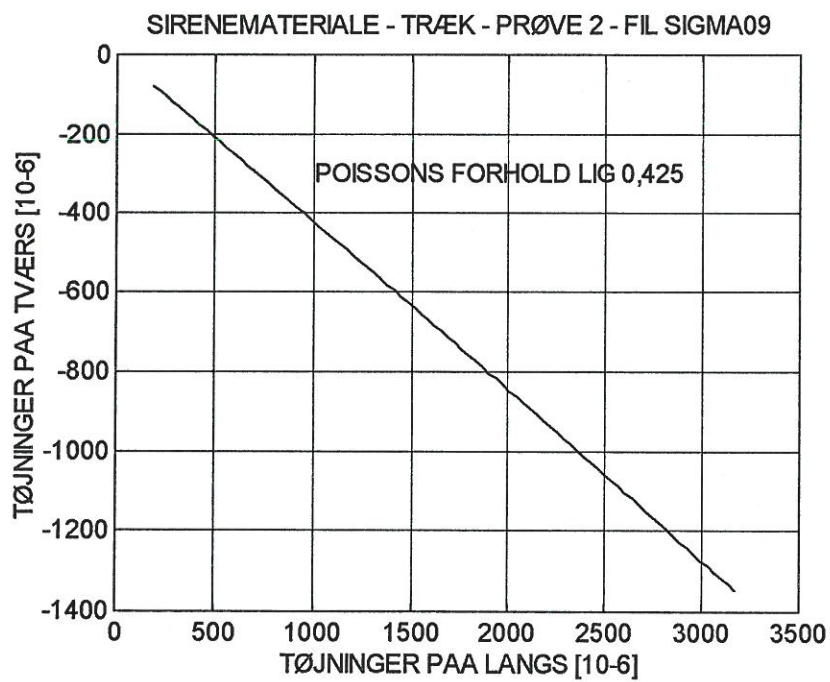


Figur E.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs





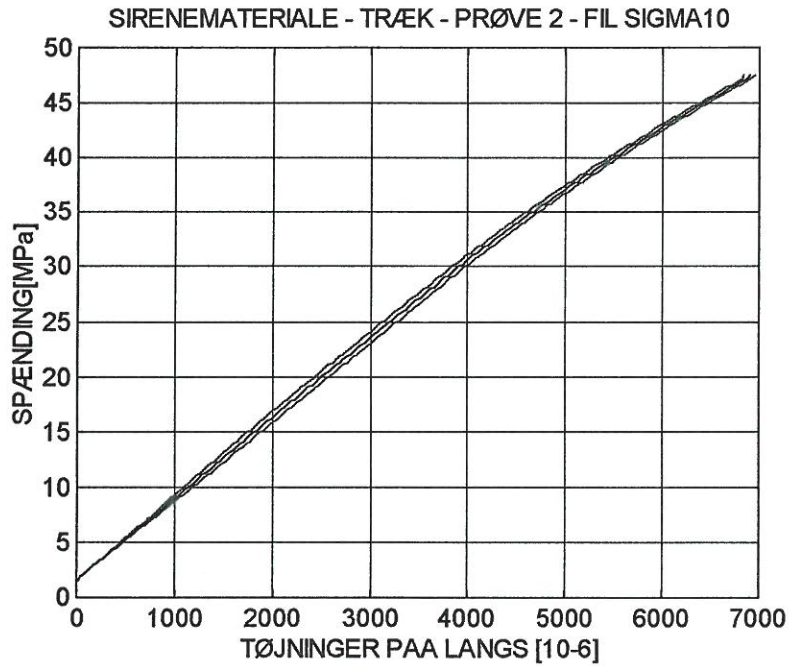
**Figur E.3** Bestemmelse af E-modul



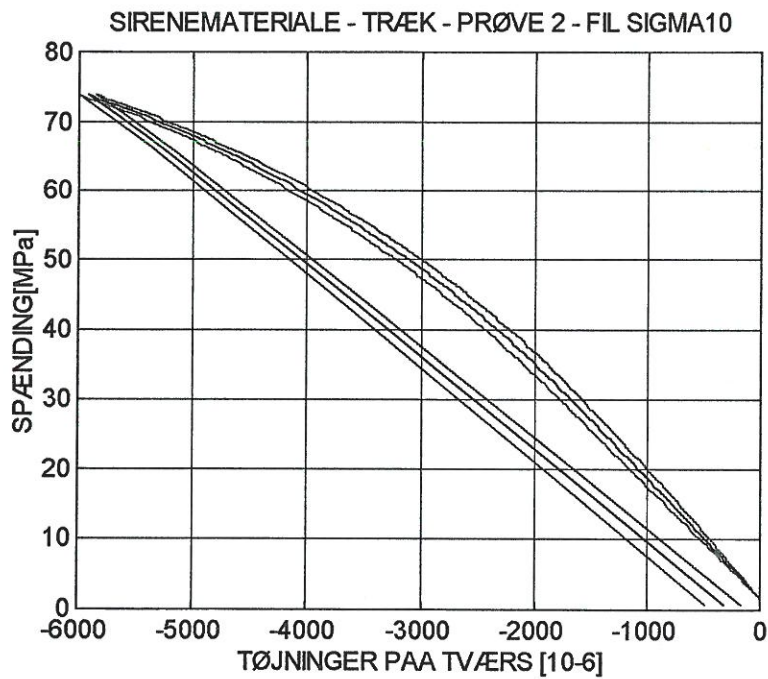
**Figur E.4** Bestemmelse af Poisson's forhold

## APPENDIX F - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGE ME 2

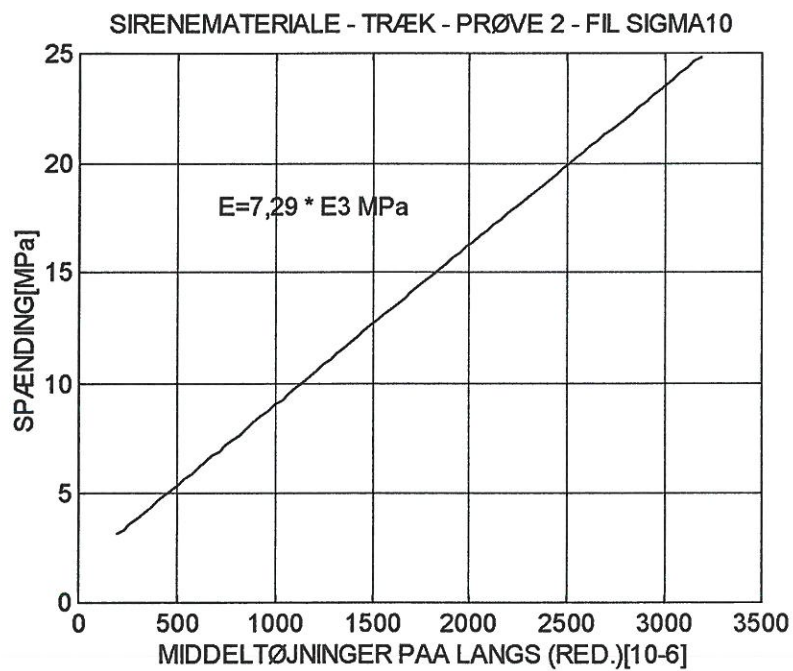
## FORSØG 3



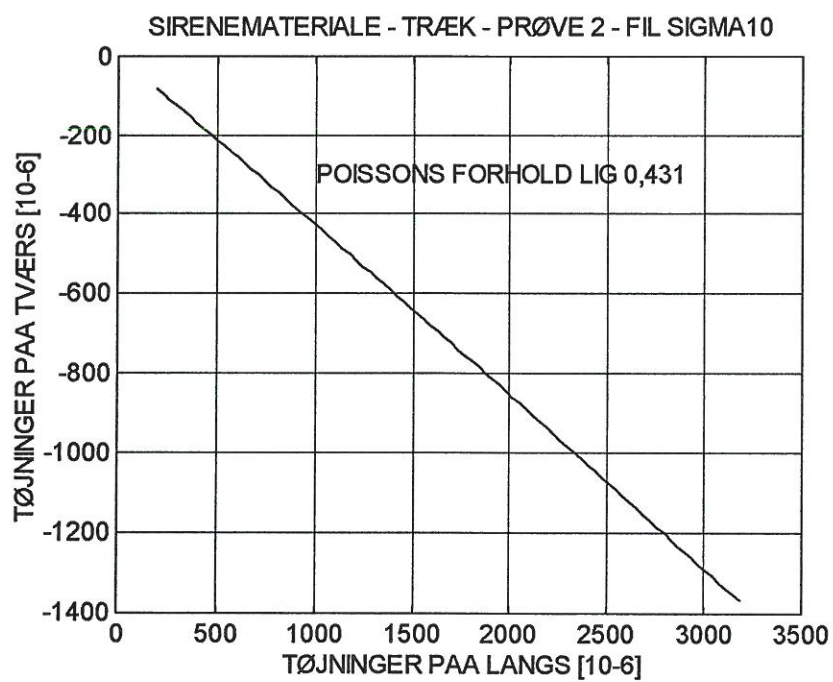
Figur F.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur F.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



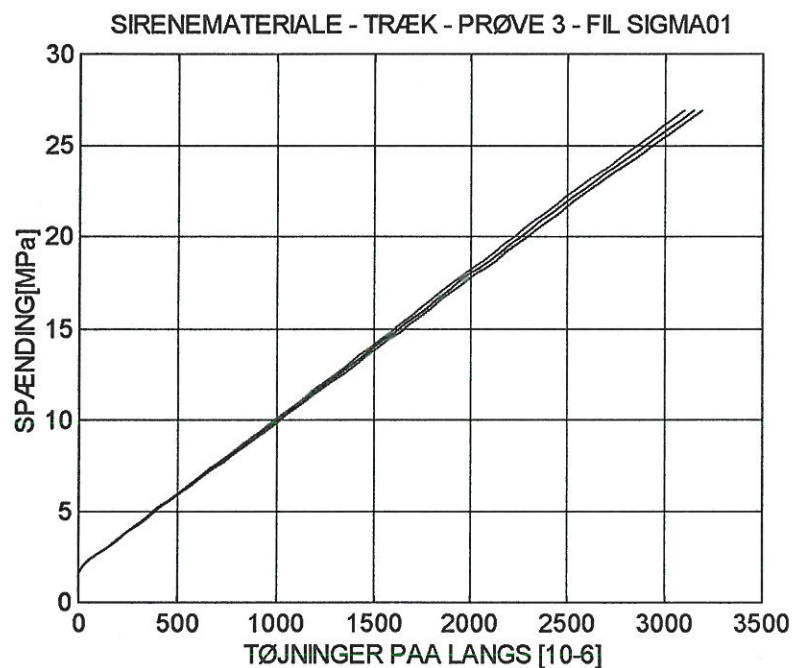
Figur F.3 Bestemmelse af E-modul



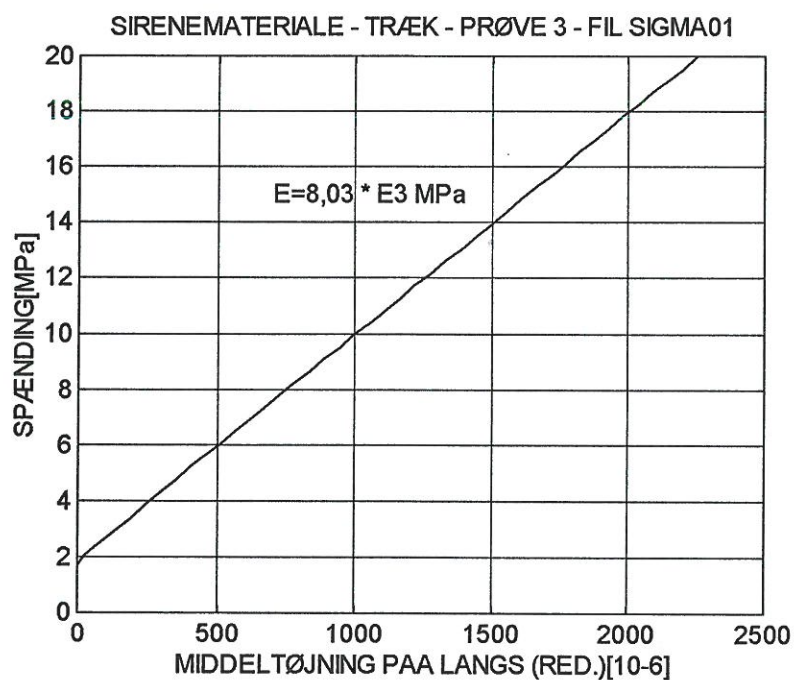
Figur F.4 Bestemmelse af Poisson's forhold

## APPENDIX G - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 3

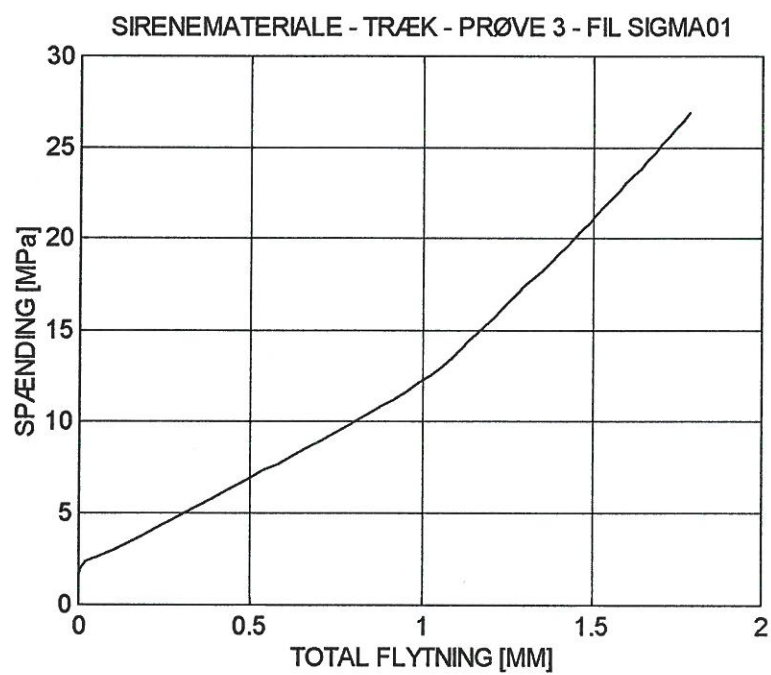
## FORSØG 1



Figur G.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur G.2 Bestemmelse af E-modul

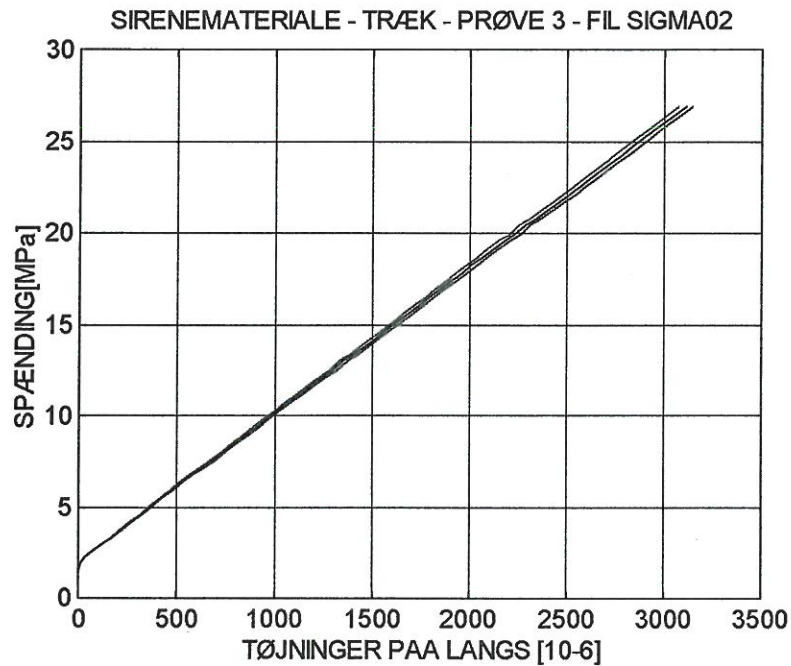


**Figur G.3** Spænding som funktion af total flytning

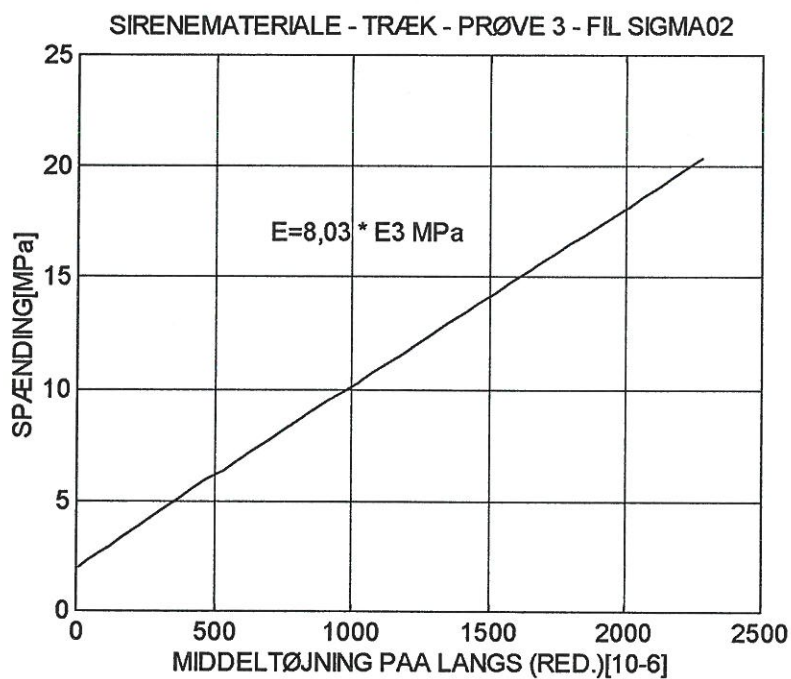


## APPENDIX H - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 3

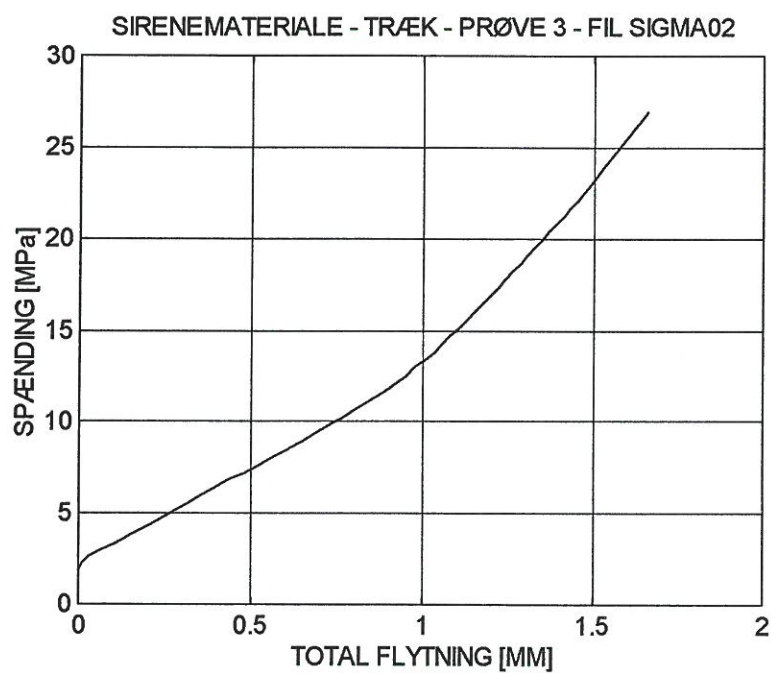
## FORSØG 2



Figur H.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



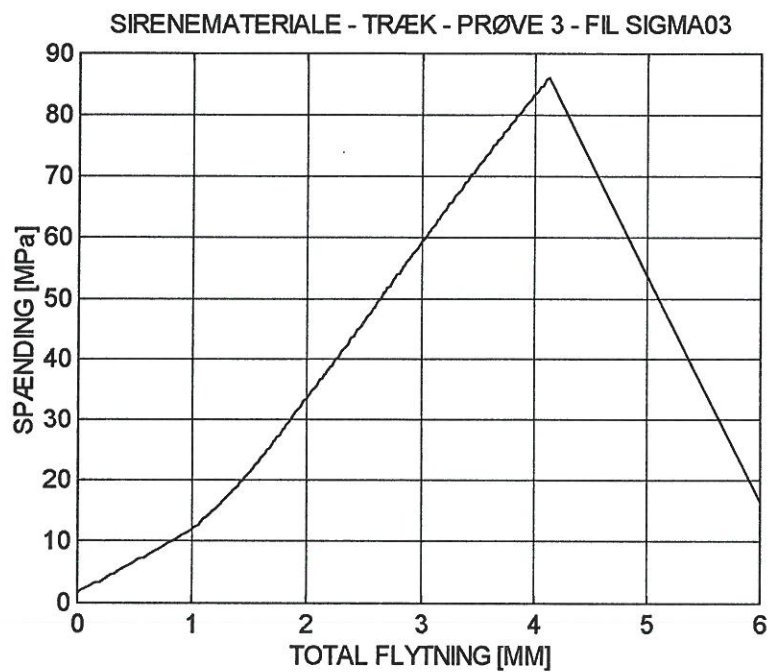
Figur H.2 Bestemmelse af E-modul



**Figur H.3**      **Spænding som funktion af total flytning**

## APPENDIX I - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 3

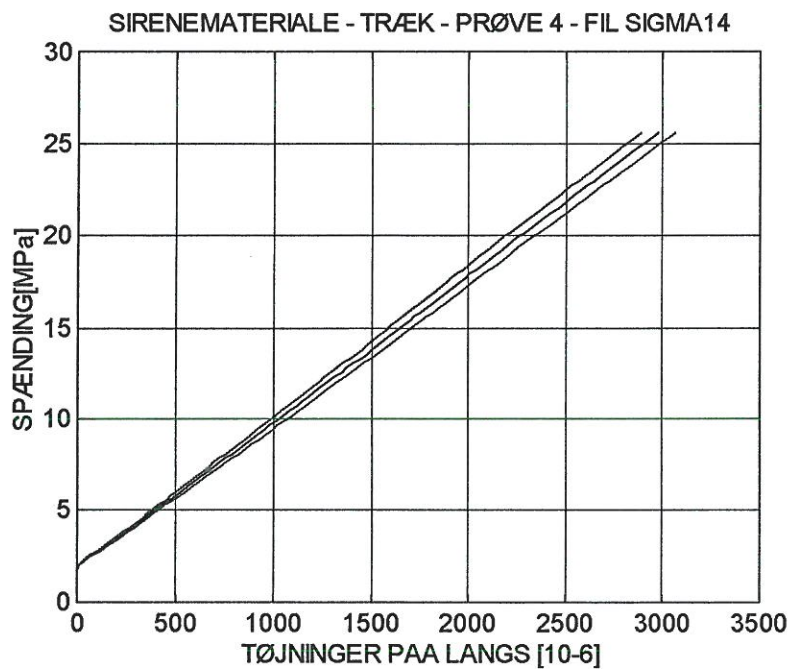
## FORSØG 3



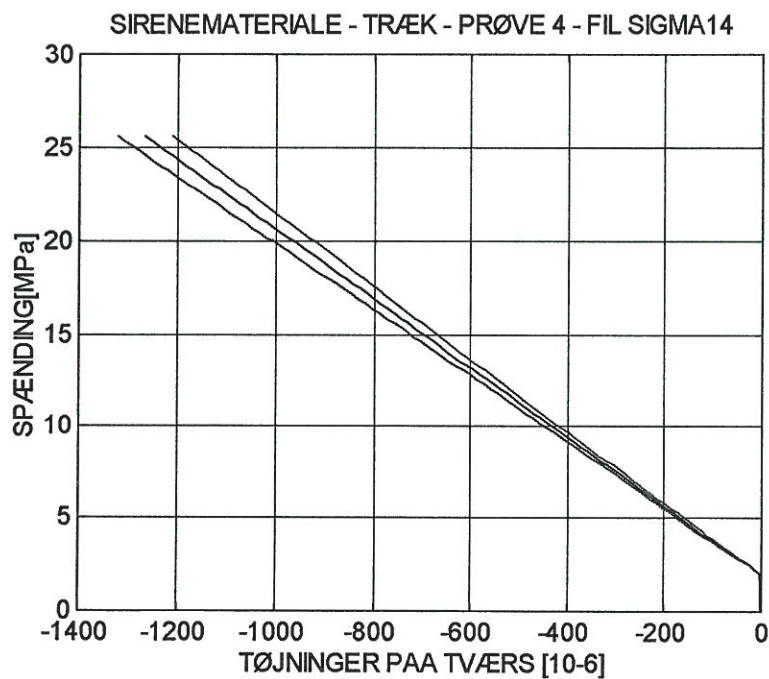
Figur I.1      Spænding som funktion af total flytning. Trækbrudstyrke.

## APPENDIX J - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 4

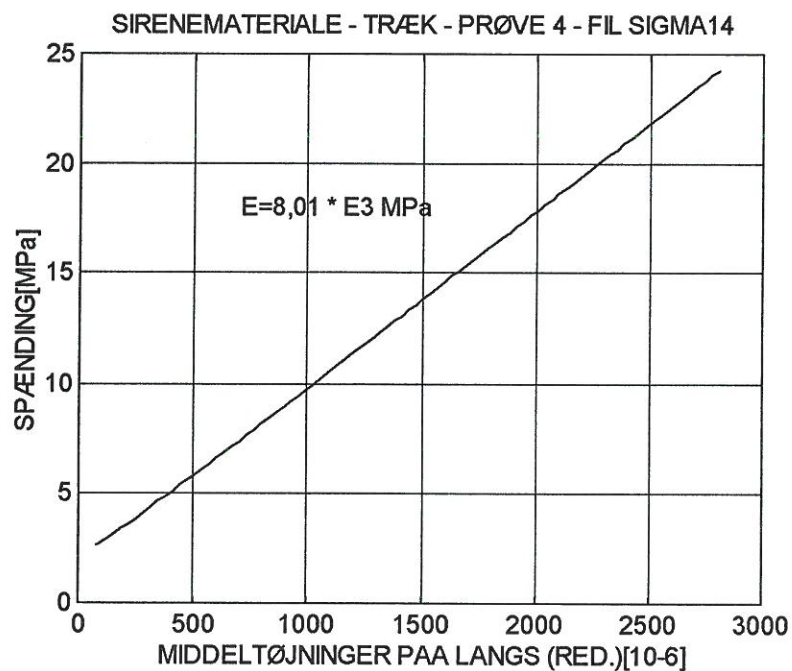
## FORSØG 1



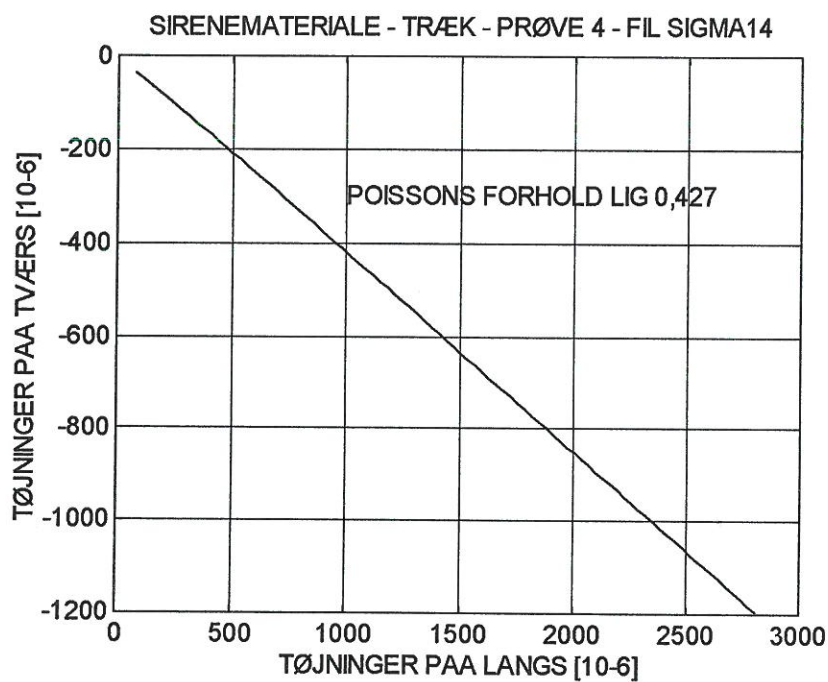
Figur J.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



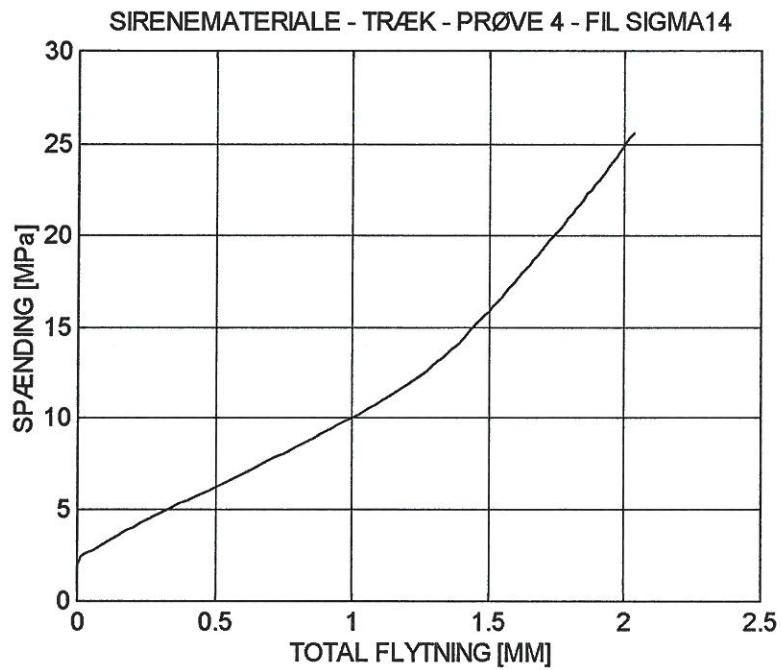
Figur J.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



Figur J.3 Bestemmelse af E-modul



Figur J.4 Bestemmelse af Poisson's forhold

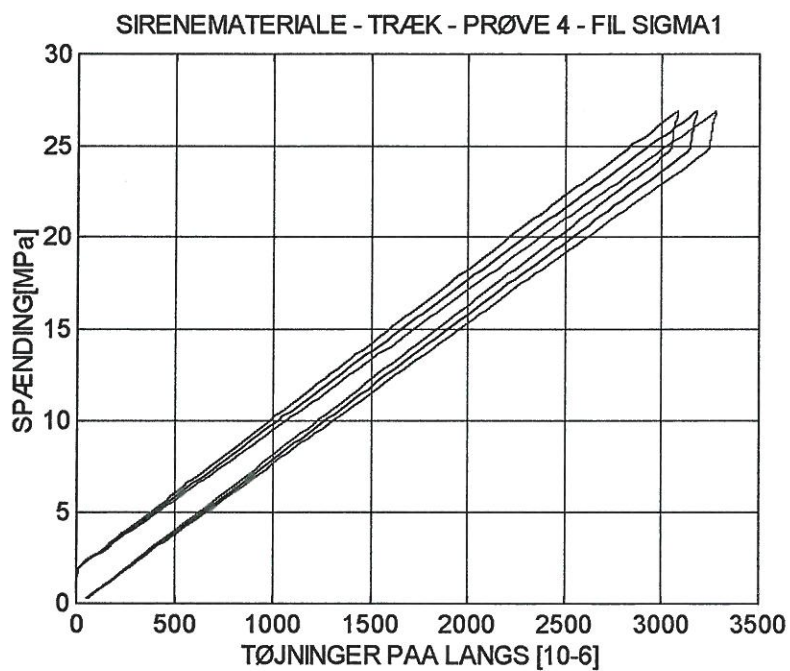


**Figur J.5**      **Spænding som funktion af total flytning**

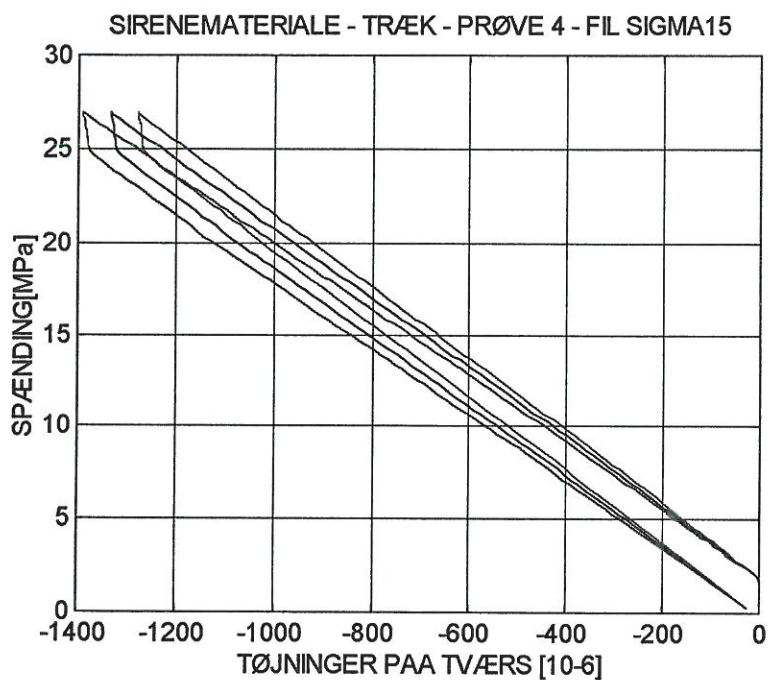


## APPENDIX K - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 4

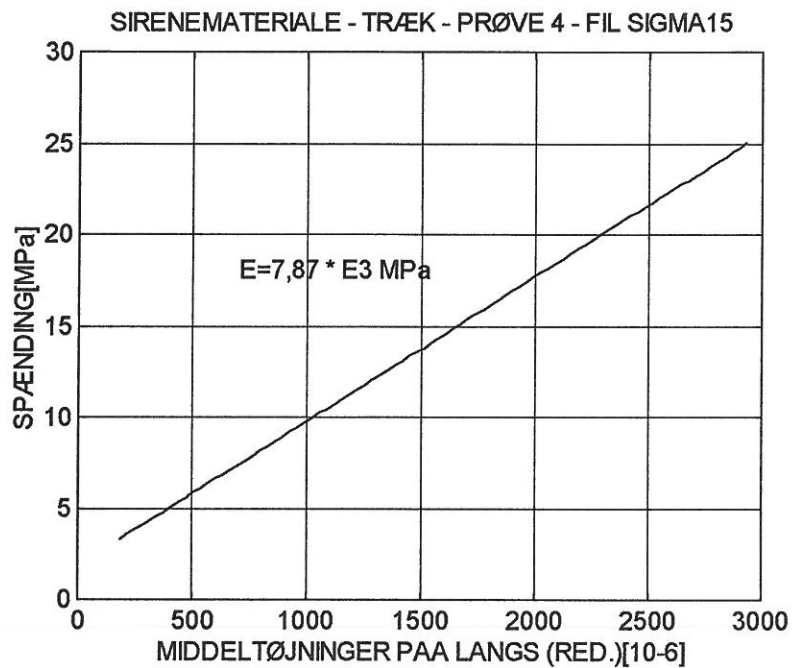
## FORSØG 2



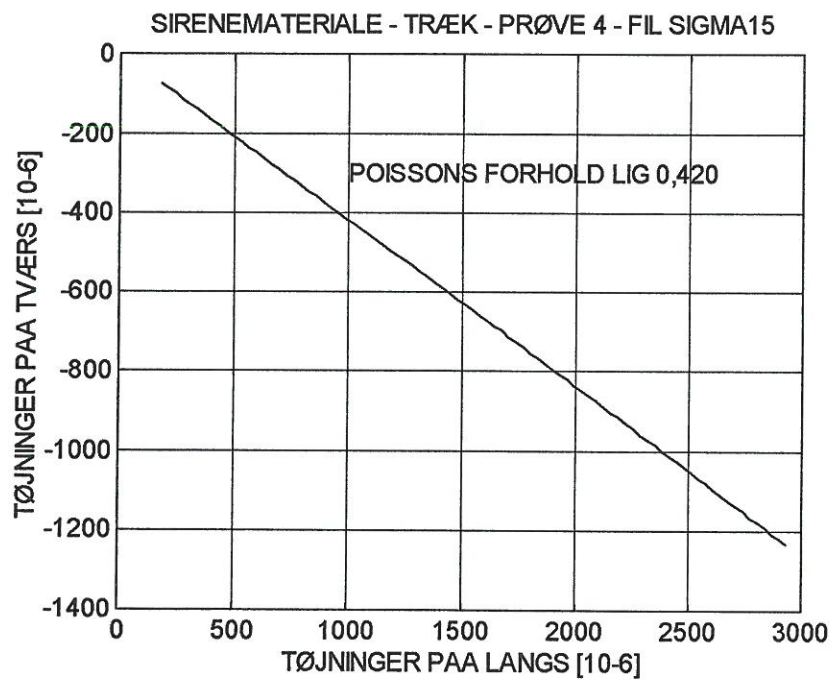
Figur K.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



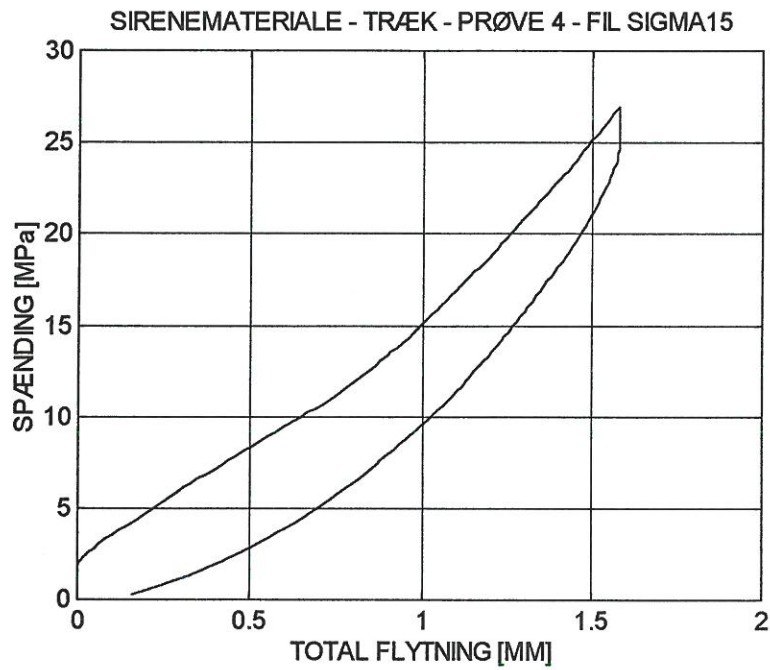
Figur K.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



Figur K.3 Bestemmelse af E-modul



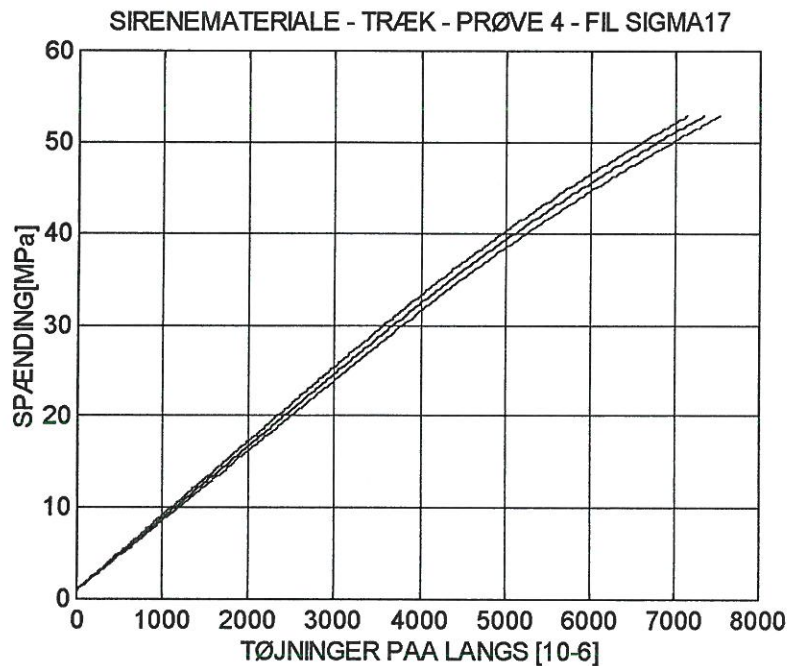
Figur K.4 Bestemmelse af Poisson's forhold



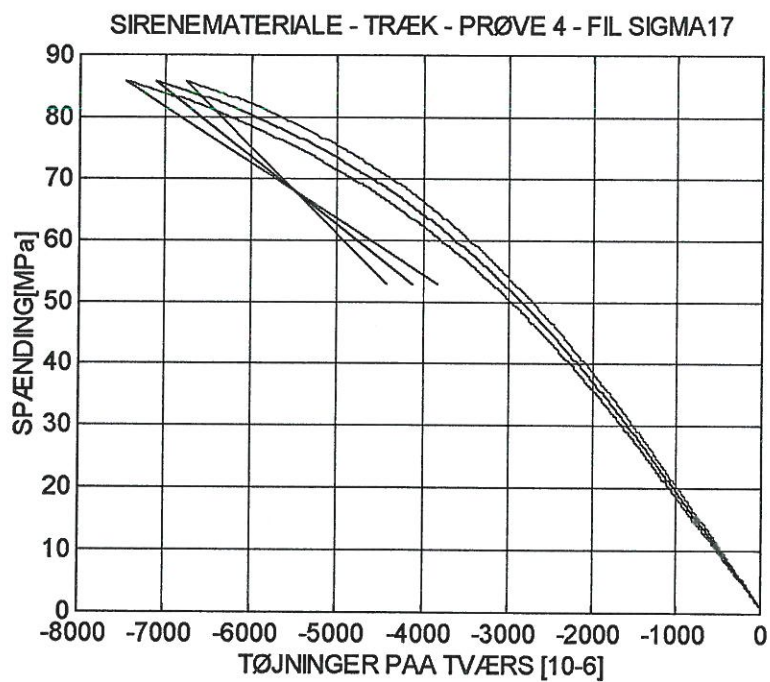
**Figur K.5**      **Spænding som funktion af total flytning**

## APPENDIX L - TRÆKFORSØG FOR PRØVELEGEME 4

## FORSØG 3

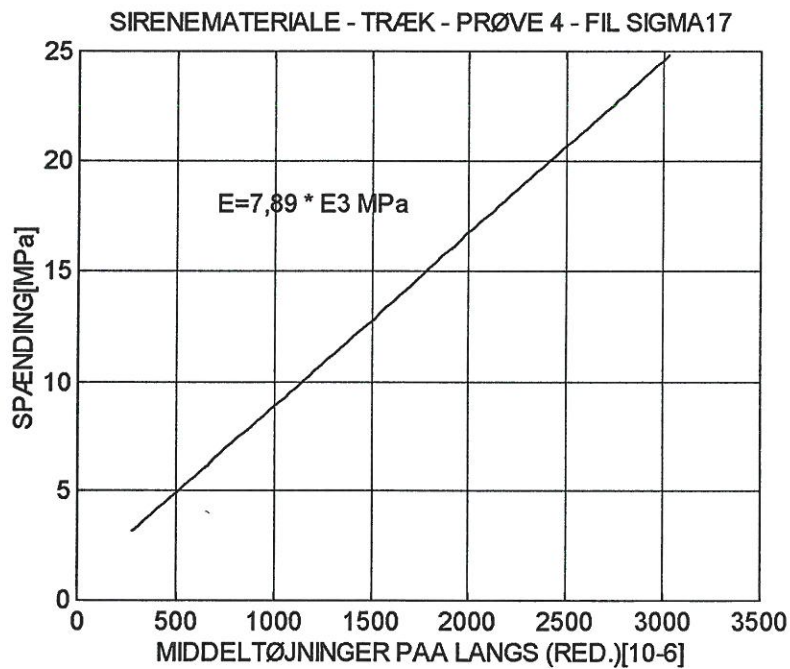


Figur L.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs

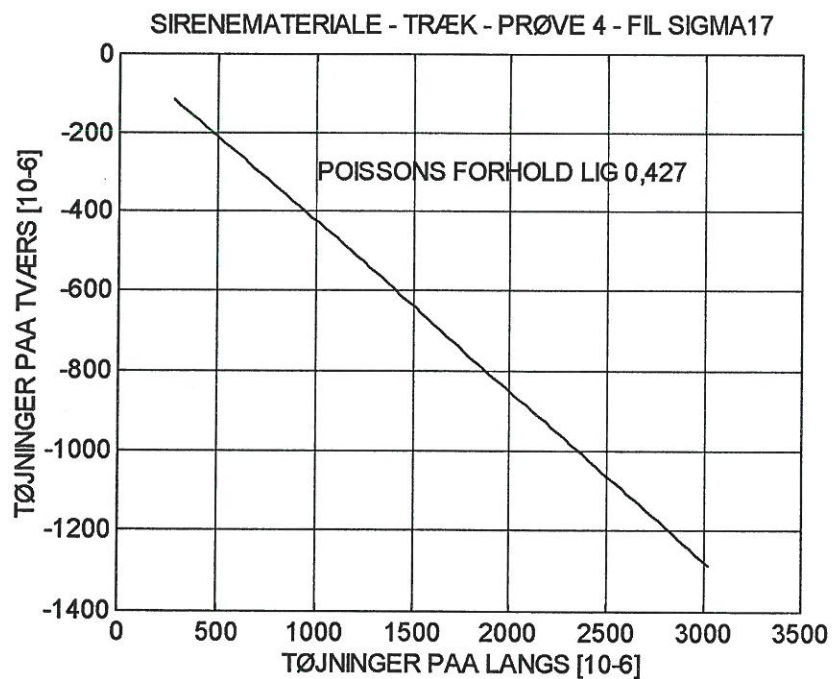


Figur L.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs

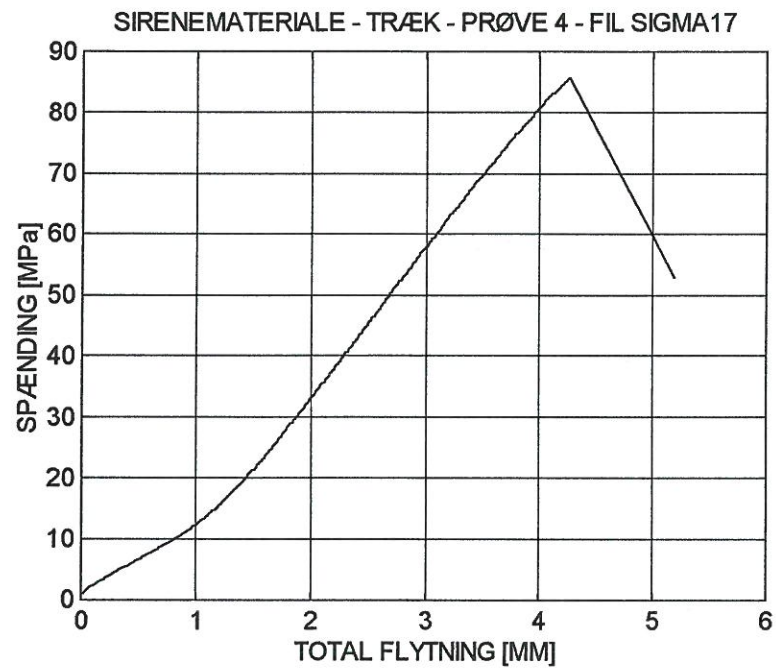




**Figur L.3** Bestemmelse af E-modul



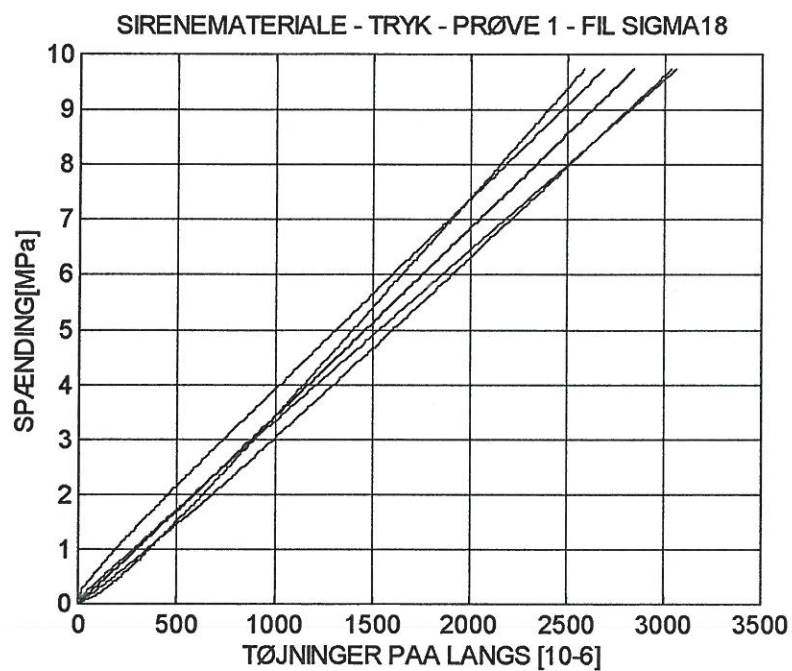
**Figur L.4** Bestemmelse af Poisson's forhold



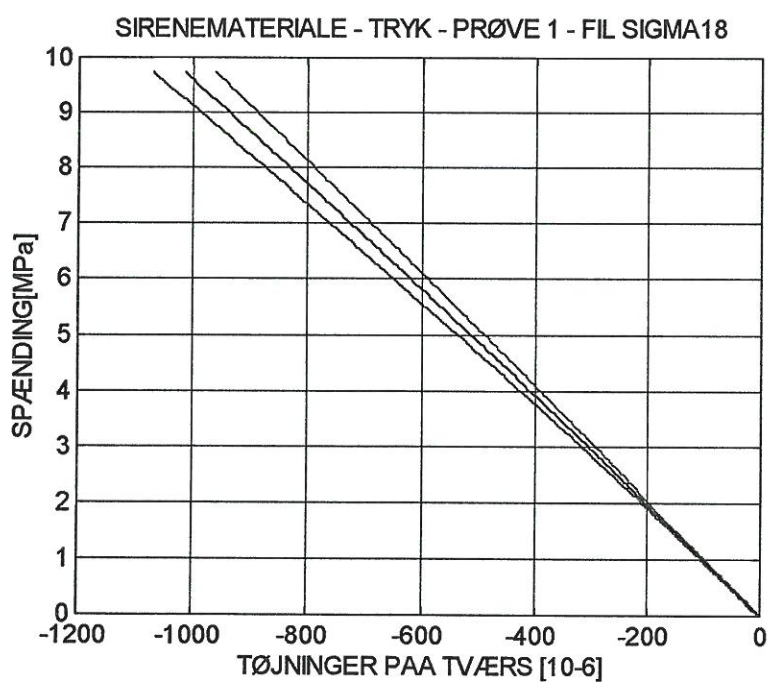
**Figur L.5** Spænding som funktion af total flytning. Trækbrudstyrke.

## APPENDIX M - TRYKFORSØG FOR PRØVELEGEME 1

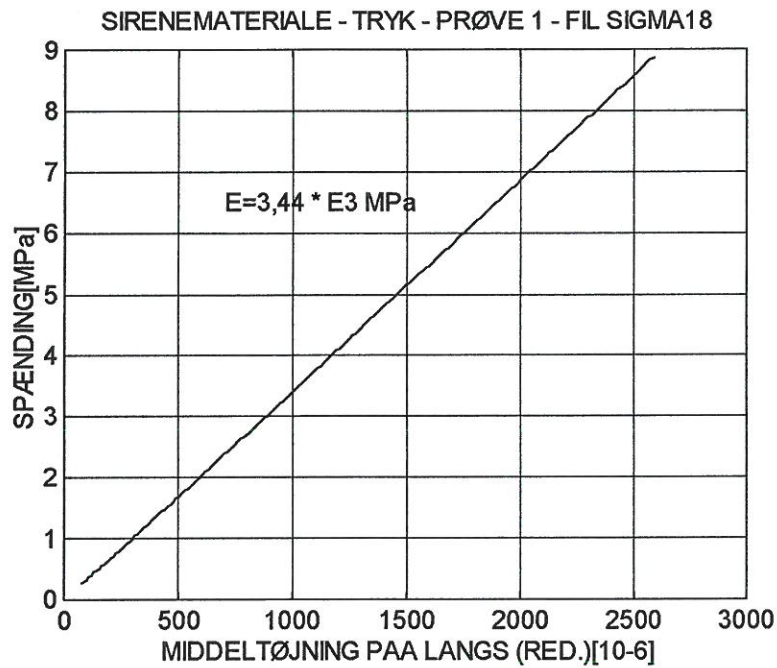
## FORSØG 1



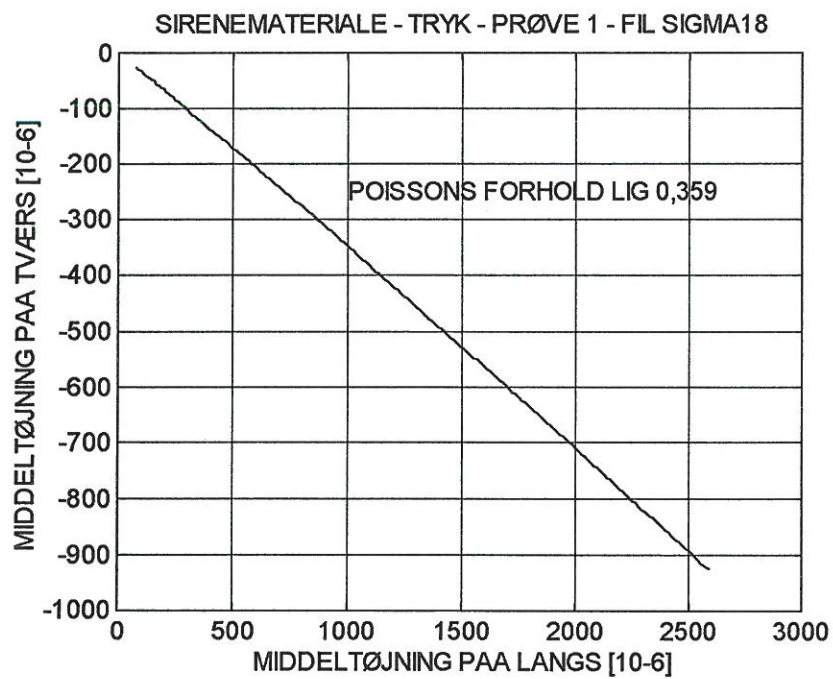
Figur M.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur M.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



Figur M.3 Bestemmelse af E-modul

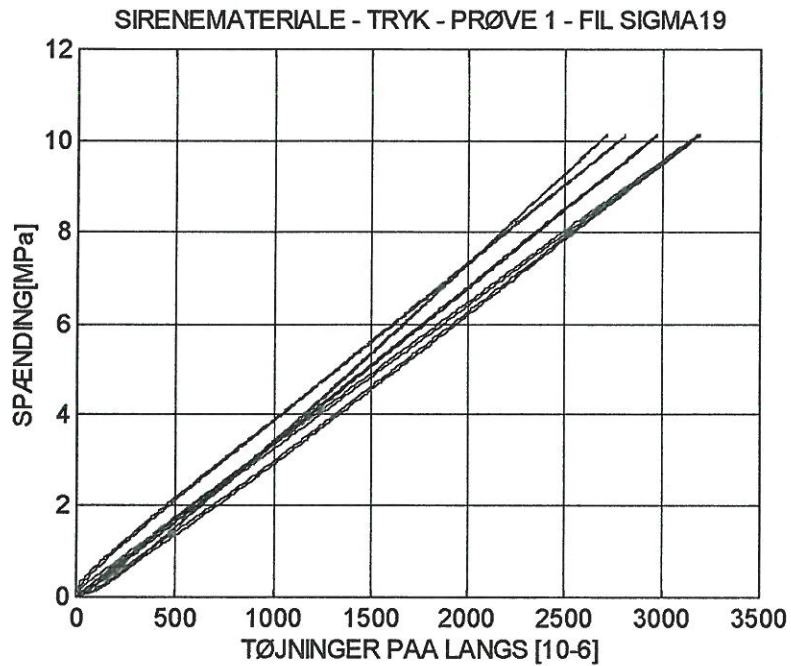


Figur M.4 Bestemmelse af Poisson's forhold

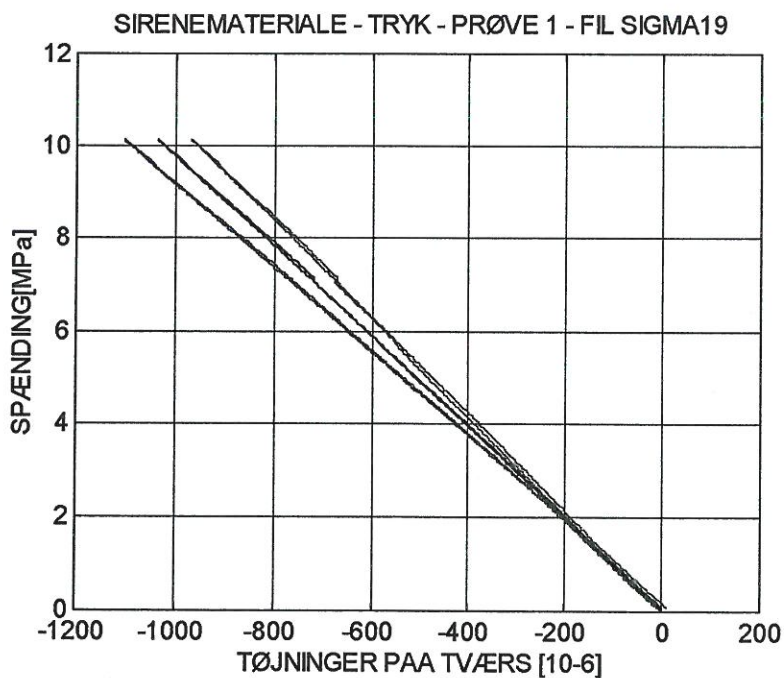


## APPENDIX N - TRYKFORSØG FOR PRØVELEGEME 1

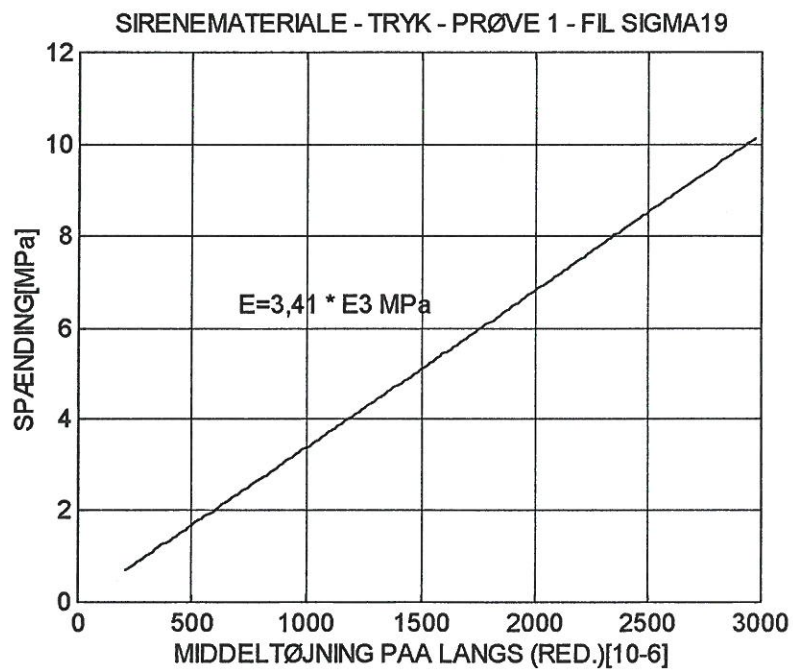
## FORSØG 2



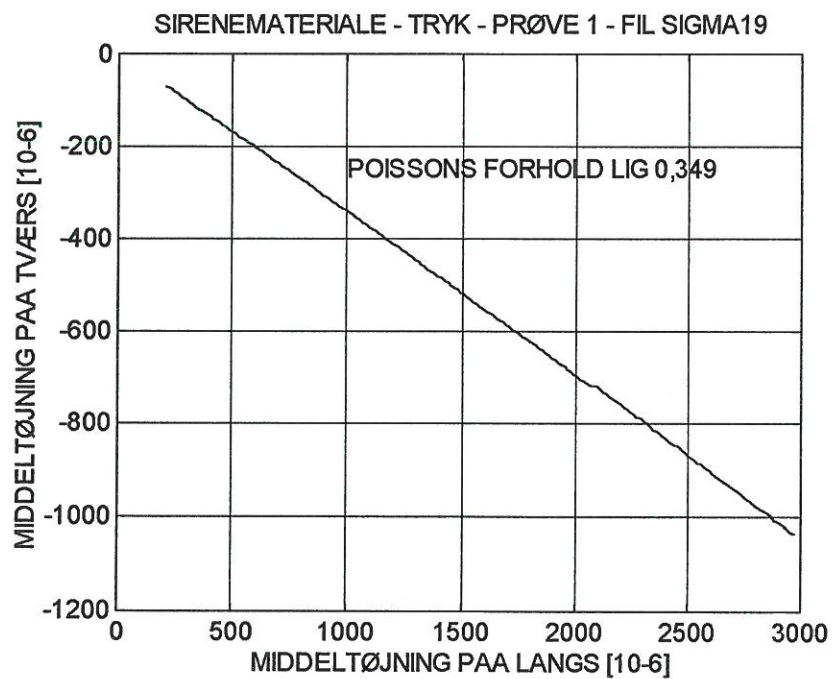
Figur N.1 Spænding som funktion af tøjninger på langs



Figur N.2 Spænding som funktion af tøjninger på tværs



**Figur N.3** Bestemmelse af E-modul



**Figur N.4** Bestemmelse af Poisson's forhold